



Aalborg Universitet

AALBORG UNIVERSITY
DENMARK

Rumhøje, oplukkelige glaspartier i etagebolig

Evaluering af energiforbrug og indeklima, Bogholder Allé 28-32, Vanløse

Bergsøe, Niels Christian; Thomsen, Kirsten Engelund; Rose, Jørgen

Publication date:
2009

Document Version
Også kaldet Forlagets PDF

[Link to publication from Aalborg University](#)

Citation for published version (APA):

Bergsøe, N. C., Thomsen, K. E., & Rose, J. (2009). *Rumhøje, oplukkelige glaspartier i etagebolig: Evaluering af energiforbrug og indeklima, Bogholder Allé 28-32, Vanløse*. SBI forlag. Uden navn Nr. 2009:7

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal -

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at vbn@aub.aau.dk providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Rumhøje, oplukkelige glaspartier i etagebolig

Evalueret af energiforbrug og indeklima,
Bogholder Allé 28-32, Vanløse



Rumhøje, oplukkelige glaspartier i etagebolig

Evaluerings af energiforbrug og indeklimate, Bogholder Allé 28-32, Vanløse

Niels C. Bergsøe
Kirsten Engelund Thomsen
Jørgen Rose

Titel	Rumhøje, oplukkelige glaspartier i etagebolig
Undertitel	Evaluerings af energiforbrug og indeklima, Bogholder Allé 28-32, Vanløse
Serietitel	SBI 2009:07
Udgave	1. udgave
Udgivelsesår	2009
Forfattere	Niels C. Bergsøe, Kirsten Englund Thomsen, Jørgen Rose
Sprog	Dansk
Sidetæl	69
Litteratur-henvisninger	Side 44
Emneord	Etagebolig, glaspartier, dagslysfaktor, ventilation, U-værdier, energiforhold, Be06
ISBN	978-87-563-1365-0
Tegninger	Lundgaard & Tranberg Arkitektfirma A/S
Fotos	Niels C. Bergsøe, Boye Hørbye
Omslag	Foto: Niels Christian Bergsøe
Udgiver	Statens Byggeforskningsinstitut, Dr. Neergaards Vej 15, DK-2970 Hørsholm E-post sbi@sb.dk www.sbi.dk

Eftertryk i uddrag tilladt, men kun med kildeangivelsen: *SBI 2009:07: Rumhøje, oplukkelige glaspartier i etagebolig. Evaluering af energiforbrug og indeklima, Bogholder Allé 28-32, Vanløse. (2009)*

Indhold

Forord	4
Sammenfatning	5
Baggrund	10
Introduktion	10
Bebyggelsen Bogholder Allé 28-32	10
Tidligere undersøgelser	14
Højisolerede glashuse	14
Det højisolerede glashus på Egebjerggård	14
Højisolerede glaspartier i nye etageboliger	14
Oplukkelig glasfacade i ny etagebolig	15
Metoder, resultater og vurderinger	18
Omfang	18
Udvælgelse af lejligheder	18
Temperatur og relativ fugtighed	20
Metode	20
Resultater	20
Vurderinger	25
Ventilation	29
Metode	29
Resultater	30
Vurderinger	31
Dagslysfaktor	32
Metode	32
Resultater	33
Vurderinger	33
Måling af U-værdier	34
Metode	34
Resultater	35
Vurderinger	35
Aflæsning af målere	36
Metode	36
Resultater	36
Vurderinger	37
Beboerinterviews	37
Metode	37
Resultater	38
Energiforhold	41
Bygningsmodel til Be06	41
Energibehov	41
Vurdering	43
Litteratur	44
Bilag A: Temperatur- og fugtmålinger	45
Bilag B: Ventilationsmålinger	58

Forord

Denne rapport afslutter projektet "Højisolerende glaspartier i etageboliger, målinger og evaluering, fase 2", som er gennemført under Energistyrelsens Energiforskningsprogram EFP-2004 med ENS j.nr. 33030-0001. Forløberen (fase 1) var et demonstrationsprojekt, som er gennemført under EFP-2001 og rapporteret i *By og Byg Resultater 030, Oplukkelig glasfacade i ny etagebolig (2003)*.

Formålet med de to projekter har været at demonstrere, hvordan højisolerende rudetyper og glaspartier kan indpasses i nyt etageboligbyggeri, således at der kan opnås nye facadeudtryk samt gode rum- og lysvirkninger (fase 1), samtidig med at der opnås et godt indeklima og gældende energibestemmelser overholdes (fase 2).

Baggrunden er, at vinduerne i en bygning har stigende betydning for bygningens energiforbrug til opvarmning og belysning og afgørende betydning for oplevelsen af rummene, herunder indeklima- og dagslysforholdene. Bygninger, som ligger i tæt bebyggede områder, kan have begrænset dagslystilførsel. Højisolerende rudetyper åbner interessante perspektiver for anvendelse af glas i arkitekturen, hvilket blandt andet kan have betydning for udformningen af nye etageboliger.

Basis for projekterne er en nyere etageboligbebyggelse på Bogholder Allé i bydelen Vanløse i København. Bebyggelsen er projekteret og opført i perioden 2000 til 2003, og stod færdig til indflytning den 1. juni 2003. Huset er tegnet af Lundgaard & Tranberg Arkitektfirma A/S, bygherre er Københavns Sociale Boligselskab (KSB) og forretningsfører er Fællesadministrationen 3B. Den 1. januar 2008 fusionerede KSB og Fællesadministrationen 3B (samt Fagforeningernes Boligforening (FB) og Boligselskabet af 1944 i Herlev) til Boligforeningen 3B.

Projektet er gennemført i samarbejde med arkitekt Henrik Schmidt fra Lundgaard & Tranberg Arkitektfirma A/S, byggechef Erik D. Præstegaard fra Fællesadministrationen 3B og inspektør Jan Hvidkjær fra KSB.

Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet
Energi og miljø
Marts 2009

Søren Aggerholm
Forskningschef

Sammenfatning

Nærværende projekt udgør en fortsættelse af et tidligere EFP-projekt og har haft til formål at evaluere energiforbrug og indeklime i etageboligbebyggelsen "Blækhuset" på Bogholder Allé i Vanløse.

Det karakteristiske ved bebyggelsen er, at store dele af facaderne består af særligt udviklede glaspartier. Der er anvendt et facadesystem bestående af 4-fags, højisolerende glasfoldedøre, som kan åbnes i stuens fulde højde og i stuens fulde bredde. For at kunne renholde vinduer og glaspartier er der en såkaldt pudsealtan i stuens fulde bredde. Pudsealtanen er kun ca. 80 cm dyb, da den ikke er beregnet til ophold.

Bygningen stod færdig til indflytning den 1. juni 2003. Stueetagen rummer fællesfunktioner såsom fællessal, vaskeri og teknikrum, mens 1., 2., 3. og 4. etage rummer i alt 24 lejligheder med bruttoareal mellem 78 m² og 110 m².

Baggrunden for projektet er resultaterne af et EFP-97 projekt om "Højisolerende glaspartier i nye etageboliger" (Engelund Thomsen, Schmidt & Aggerholm, 2001). Projektet dannede grundlag for et skitseprojekt, som efterfølgende ledte til opførelse af etageboligbebyggelsen på Bogholder Allé. I forbindelse med projektering af bebyggelsen blev der iværksat et projekt under EFP-2001 (Engelund Thomsen, Wittchen & Friis, 2003), som havde til formål at demonstrere, hvordan nye rudetyper og glaspartier kan indpasses i etageboligbyggeri. Projektet omfattede blandt andet analyser af, hvad der kan forventes af energiforbrug og temperaturforhold i bebyggelsen. Som en naturlig fortsættelse af EFP-2001 projektet har nærværende projekt haft til formål at evaluere det faktiske energiforbrug og indeklime i bebyggelsen på baggrund af målinger i udvalgte lejligheder.

I seks af bebyggelsens i alt 24 lejligheder er der fra januar 2005 til juli 2006 foretaget kontinuerte målinger af temperatur- og fugtforholdene, og der er foretaget regelmæssige aflæsninger af lejlighedernes el-, vand- og varme-målere. Målingerne af temperatur og fugt er foretaget ved hjælp af programmerbare dataloggere med registrering af sammenhørende værdier hvert 30. minut. I hver lejlighed er der foretaget målinger i tre forskellige positioner, i hovedsagen svarende til tre forskellige rum. I to adskilte perioder i opvarmningssæsonen er der målt ventilation i lejlighederne ved hjælp af passiv sporgasteknik, PFT-metoden, og i udvalgte lejligheder er der foretaget målinger af dagslysfaktorer og rudernes U-værdier. Endvidere er der gennemført strukturerede samtaler med beboerne med særlig fokus på deres vurdering af temperatur-, ventilations- og lysforhold i lejligheden og deres mening om og brug af de rumhøje, oplukkelige glasfoldedøre. Endelig er der foretaget beregninger af energiforholdene for bebyggelsen med det formål at sammenholde det beregnede med det målte energibehov.

Temperatur og relativ fugtighed

Resultaterne af temperaturmålingerne viser, at der i en stor del af året og ikke mindst i en stor del af sommerperioden forekommer høje lufttemperaturer. I fem af lejlighederne er middellufttemperaturen mellem 23 °C og 24 °C, mens den er lidt lavere, 22,6 °C, i den sidste lejlighed. Når det gælder sommerperioden er middellufttemperaturen i én af lejlighederne lidt over 25 °C, mens den i de øvrige lejligheder er lidt under 25 °C.

Den temperatur, en person oplever i et rum, betegnes *den operative temperatur*. Den operative temperatur er en sammenvejning af lufttemperaturen og strålingstemperaturen fra varme og kolde overflader i rummet. Ofte er der ikke væsentlig forskel på lufttemperaturen og den operative temperatur, men i rum med særligt store varme eller kolde overflader kan der være forskel.

Som udgangspunkt må det antages, at de store glaspartier vil være medvirkende til, at der fx på grund af solindfald forekommer højere lufttemperatur i bebyggelsens lejligheder end i lignende lejligheder uden tilsvarende glaspartier. Samlet set bekræftes antagelsen.

Resultaterne viser, at lufttemperaturen i lejlighederne overstiger både 26 °C og 27 °C i væsentlig flere timer end retningslinjerne anført i DS 474 *Norm for specifikation af termisk indeklima*. I én af lejlighederne er middeltemperaturen for lejligheden 31 °C eller mere i 5 procent af tiden i sommerperioden svarende til 184 timer. Resultaterne viser også, at rummene med det færreste antal timer med overtemperatur er lejlighedernes soverum. Resultaterne afspejler det velkendte, at det almindeligvis foretrækkes at opretholde en lavere temperatur i soverummet end i den øvrige bolig.

I to af de undersøgte lejligheder vender glaspartierne i soverummet mod bagsiden af ejendommen, således at soverummene i disse lejligheder ikke i længere tid er påvirket af direkte solindfald. Resultaterne viser, at der er væsentlig færre timer med overtemperatur i disse rum end i nogen af de øvrige undersøgte lejligheder og rum.

Ved de strukturerede samtaler med beboerne er der blandt andet spurgt til deres mening om temperaturforholdene i lejligheden. Samtlige adspurgte beboere mener, at de store glaspartier er årsag til, at der ofte – navnlig i sommerperioden – er meget varmt i lejligheden. Problemerne med for høje rumtemperaturer er mest udtalt i de rum, der vender mod sydøst, dvs. mod Bogholder Allé.

En metode til at nedbringe varmebelastningen fra solindfald er at anvende solafskærmning enten indvendig i form af gardiner eller persienner eller udvendig fx i form af markiser.

Der forekommer mange forskellige slags indvendig afskærmning i bebyggelsen; almindelige gardiner, lamelgardiner, cafégardiner, rullegardiner, persienner etc. Ifølge beboerne fungerer afskærmningen ikke alene som indvendig solafskærmning, men også som afskærmning mod indkig fra gaden og fra naboer.

Etageejendommen er ikke forsynet med egentlig udvendig solafskærmning, men det er i forbindelse med projekteringen forudsat, at pudsealtanerne bevirker, at der forekommer skyggevirkning på den underliggende lejlighed. Der er dog en del glaspartier, som ikke er afskærmet af en pudsealtan ovenover, og samtlige lejligheder på 3. etage er uden afskærmning, da penthouselejlighederne på 4. etage er trukket tilbage i forhold til facadelinjen. Penthouselejlighederne har ekstra stor rumhøjde, og det er usikkert, om tagudhænget i praksis er stort nok til at skærme mod solindfald.

En anden metode til at nedbringe temperaturen i lejlighederne er at forøge ventilationen. Lejlighederne er udformet, så det er muligt at tværventilere. Modstående facader har indbygget mekanismer, som gør, at oplukkelige åbninger kan stilles og fastholdes i såvel tyverisikret ventilationsstilling som med større åbning. Beboerne oplyser, at det om sommeren er helt nødvendigt, at vinduer står åbne for at nedbringe temperaturen i rummene.

Ventilation

I hver af de seks undersøgte lejligheder er der gennemført to målinger af ventilationen. Målingerne er gennemført ved hjælp af PFT-metoden, og varigheden af hver af målingerne har været ca. 8 dage. Resultaterne er udtryk for den gennemsnitlige udelufttilførsel i den pågældende periode. Desuden er målingerne gennemført, mens lejlighederne har været i almindelig brug, hvilket betyder, at målingerne giver et reelt udtryk for den i praksis forekommende udelufttilførsel. Måleresultaterne indbefatter således både systembidraget, som er det bidrag til ventilationen, som selve det installerede ventilationssystem er ansvarlig for, det brugerbetingede bidrag, som er det bidrag til ventilationen, som hidrører fra beboernes brug af lejligheden, og det bidrag til ventilationen, som skyldes tilfældige utætheder i klimaskærmen i form af revner og sprækker.

Med undtagelse af én af lejlighederne er der for den enkelte lejlighed ikke signifikant forskel på resultatet af den første og den anden måling. For lejligheden, hvor der er forskel, er der på basis af lejlighedens orientering og sammenligning med måleresultater fra lejligheder med tilsvarende orientering grund til at antage, at den første måling med et luftskifte på $0,61 \text{ h}^{-1}$ er typisk, mens den anden måling med et luftskifte på $1,09 \text{ h}^{-1}$ afviger.

Resultaterne af luftskiftemålingerne varierer fra det nævnte $0,61 \text{ h}^{-1}$ til lidt over 1 h^{-1} . De lejligheder, som har de højeste luftskifter, er orienteret med store glaspartier mod både sydøst og sydvest, hvilket gør, at lejlighederne er solbelastede i højere grad end de øvrige lejligheder i ejendommen. Beboerne i den ene af disse lejligheder anfører problemer med høje rumtemperaturer i visse rum.

En metode til at nedbringe rumtemperaturen er at forøge ventilationen. Selv om målingerne af lejlighedernes ventilation er foretaget i en opvarmningsperiode, kan de forholdsvis høje luftskifter, som navnlig forekommer i lejlighederne med store glaspartier mod både sydøst og sydvest, afspejle, at der foretages udluftning i forbindelse med temperaturproblemer.

Som nævnt er lejlighederne udformet på en sådan måde, at det er muligt at etablere tværventilation. I én af de undersøgte lejligheder er der målt luftskifter på henholdsvis $0,96 \text{ h}^{-1}$ og $0,90 \text{ h}^{-1}$ i de to måleperioder, og samtidig er det den lejlighed, hvor temperaturmålingerne viser de laveste temperaturer. Situationen kan være et resultat af velfungerende tværventilation.

Beboerne har oplyst, at det om sommeren er helt nødvendigt, at vinduer står åbne for at nedbringe temperaturen i rummene. Det kan ikke udelukkes, at det også i perioder i opvarmningsperioden kan være nødvendigt at åbne vinduer for at nedbringe temperaturen. Samtidig må det forventes, at såvel det brugerbetingede bidrag til ventilationen som bidraget, der hidrører fra tilfældige utætheder i klimaskærmen, har en vis størrelse. Sættes de målte luftskifter i relation til det luftskifte, som den mekaniske udsugning i lejlighederne kan forventes at give anledning til, antyder resultaterne, at den mekaniske udsugning kan være i underkanten af bygningsreglementets krav til ventilationen.

Dagslysfaktor

I en stue i én af lejlighederne er der målt dagslysfaktorer i to parallelle linjer gående fra vinduessiden mod gården (nordvest) til glaspartiet mod Bogholder Allé (sydøst). Endvidere er der målt i en tredje linje parallel med de to andre ved siden af vinduet mod gården.

Resultaterne viser dagslysfaktorer på ca. 12 procent ved vinduet mod gården og ca. 16 procent ved glaspartiet mod Bogholder Allé. Centralt i stuen er dagslysfaktoren målt til ca. 3 procent. I den tredje målelinje ved siden af vinduet er dagslysfaktoren målt til ca. 1,5 procent i gennemsnit.

Tages udgangspunkt i de regler, som gælder dagslysforhold i arbejdsrum, kan dagslysforholdene i stuen betegnes som meget tilfredsstillende. Bygningsreglementet anfører, at dagslyset kan anses for at være tilstrækkeligt, når det kan eftervises, at der ved arbejdspladserne er en dagslysfaktor på mindst 2 procent.

I arbejdsrum kan dagslyset ligeledes anses for at være tilstrækkeligt, når rudearealet svarer til mindst 10 procent af gulvarealet. Det samlede rudeareal i stuen udgør over 30 procent af gulvarealet.

U-værdier

Målingerne af U-værdier er foretaget ved hjælp af et apparat, som på måletidspunktet endnu var under udvikling. En unik egenskab ved apparatet er, at det er transportabelt, hvorved det er muligt at bestemme U-værdier på stedet.

Blandt andet som en følge af at apparatet endnu var på prototypestadiet, er U-værdien er i hvert målepunkt bestemt som middelværdien af tre på hinanden følgende målinger.

Der er målt U-værdier på udvalgte vinduer i to af lejlighederne. I den ene lejlighed er der målt på to vinduer, og i begge tilfælde centralt på ruden. Desuden er der på den ene vindue målt ude ved kanten af ruden. I den anden lejlighed er der målt på ét vindue centralt på ruden.

Resultaterne af målingerne centralt på ruderne viser en middelværdi på ca. $1,35 \text{ W/m}^2\text{K}$. Resultatet lever ikke op til de forudsætninger, som blev anvendt som grundlag for beregningerne i det førnævnte EFP-2001 projekt. Her er der anvendt en U-værdi for ruden på $1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$, mens den samlede U-værdi for vindueskonstruktionerne er sat til mellem $1,3$ og $1,7 \text{ W/m}^2\text{K}$ afhængig af størrelsen.

Målingen nær vinduesrammen viser en U-værdi på ca. $1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Beboerinterviews

Til støtte for vurdering af navnlig temperatur-, ventilations- og dagslysmålingerne er der på baggrund af et interviewskema gennemført strukturerede samtaler med beboerne.

Det overordnede billede af samtalerne med beboerne er, at der generelt er tilfredshed med indeklimaforholdene; dog kan der forekomme høje rumtemperaturer. Beboerne i én af lejlighederne udtrykker stor tilfredshed med dagslysforholdene, og de gode dagslysforhold kompenserer for de ind i mellem utilfredsstillende høje rumtemperaturer.

Det er nødvendigt, at der anvendes gardiner, persienner eller lignende, ikke blot af hensyn til afskærmning for solen, men også for at modvirke indkig.

Nogle beboere nævner, at de har været generet af træk fra utætheder ved glaspartierne, og flere beboere anfører, at der generelt har været/er problemer forbundet med vinduerne og glaspartierne.

Ingen af beboerne nævner, at de er generet af træk fra udeluftventilerne, derimod er det et problem, at ventilerne er anbragt så højt, at de ikke kan betjenes fra gulv.

På trods af at beboerne påpeger en række gener og ulemper, som blandt andet kan henføres til de store glaspartier, må det overordnet set vurderes, at beboerne er tilfredse med ejendommen, lejlighederne og indeklimaforholdene. Begejstringen for netop de store glaspartier er dog ikke åbenbar.

Energiforhold

Ejendommens energibehov er beregnet i overensstemmelse med metoden beskrevet i *SBI-anvisning 213* (Aggerholm & Grau, 2008) og ved anvendelse af beregningsprogrammet *Be06* (Aggerholm & Grau, 2008).

På baggrund af en række valgte forudsætninger er ejendommens energibehov beregnet til $79,4 \text{ kWh/m}^2$ pr. år svarende til 102 procent af den nuværende energiramme, som for denne ejendom er $77,6 \text{ kWh/m}^2$ pr. år.

For at kunne opnå byggetilladelse i henhold til de nyeste regler, er det således nødvendigt at reducere ejendommens energibehov. Ca. 10 procent af energibehovet er relateret til overtemperatur i rum i ejendommen, idet temperaturer over $26 \text{ }^\circ\text{C}$ i henhold til beregningsmetoden skal nedbringes ved fiktiv, energiforbrugende, mekanisk køling. Såfremt der opsættes udvendig solafskærmning eksempelvis i form af markiser, vil energibehovet blive reduceret til $77,5 \text{ kWh/m}^2$ pr. år, hvorved ejendommen opfylder energirammen.

Det fremgår imidlertid af måleresultaterne, at en række parametre ikke svarer til de antagelser, som er benyttet i forbindelse med den oprindelige beregning af energibehovet. Derfor er der gennemført nye beregninger af energibehovet, hvor de faktisk målte parametre erstatter de teoretiske standardværdier.

Af de nye beregninger kan det konkluderes, at energibehovet for bygningen vil være højere end oprindeligt beregnet, primært fordi beboernes brug af lejlighederne afviger fra de standardforudsætninger, som anvendes i *Be06*.

Målingerne af energiforbruget i ejendommen viser, at der i 2006 er brugt 250 MWh, hvilket svarer til ca. 87 kWh/m² pr. år. I beregningerne med *Be06* er der ikke taget højde for det aktuelle udeklima, men i stedet er benyttet de standardvejrdata, som indgår i beregningsprogrammet. Derudover er der en række andre parametre, som ikke er målt eller registreret, og hvor brugernes adfærd har en stor indflydelse på energibehovet.

Sammenfattende vurderes det, at der – alt taget i betragtning – er god overensstemmelse mellem det målte energiforbrug, ca. 87 kWh/m² pr. år, og det beregnede energibehov, ca. 94 kWh/m² pr. år.

Baggrund

Introduktion

I et indledende projekt, gennemført under Energistyrelsens Energiforskningsprogram EFP-97, er anvendelsesmulighederne for højisolerede glas typer beskrevet ud fra en arkitektonisk synsvinkel og ud fra energi- og indeklimamæssige aspekter. Resultaterne findes i *By og Byg Resultater 010* (Engelund Thomsen, Schmidt & Aggerholm, 2001).

Projektets resultater dannede grundlag for et skitseprojekt, som efterfølgende førte til detailprojektering og opførelse af en etageboligbebyggelse på Bogholder Allé i bydelen Vanløse i København.

I tilknytning til projektering og opførelse af byggeriet er der med fokus på anvendelsen af højisolerede, oplukkelige glaspartier gennemført et forskningsprojekt i to faser. I fase 1 er der foretaget analyser og detailprojektering af bebyggelsen, og i fase 2 er der gennemført målinger og evaluering af det færdige byggeri. Fase 1 er gennemført under EFP-2001 og afrapporteret i *By og Byg Resultater 030* (Engelund Thomsen, Wittchen & Friis, 2003). Fase 2, som afsluttes med denne rapport, er gennemført under EFP-2004.

Formålet med projektet har været at eftervise indeklimaforhold og energiforbrug i etageboligbebyggelsen i forhold til de forudsætninger og beregninger, der indgik i EFP-2001 projektet, fase 1.

Bebyggelsen Bogholder Allé 28-32

Boligbebyggelsen er beliggende Bogholder Allé 28-32 i Vanløse, og den stod færdig til indflytning den 1. juni 2003. Bygningen er tegnet af Lundgaard & Tranberg Arkitektfirma A/S og bygherre er Københavns Sociale Boligselskab (KSB). Fællesadministrationen 3B¹ er forretningsfører.

Bebyggelsen er i fire etager samt udnyttet tagetage. Stueetagen rummer fællesfunktioner såsom parkering, pulterrum, fællessal, vaskeri og teknikrum. De øvrige etager rummer i alt 24 boliger. Boligerne er 2-, 3- eller 4-rums og bruttoarealmæssigt er de fra 78 m² til 110 m².

Af de 24 boliger er 6 almene boliger og 18 almene medejerboliger. Beboerne i de almene medejerboliger betaler et større indskud end normalt², men har til gengæld indflydelse på boligens indretning og udstyr. Endvidere har beboerne besluttet at have et "forpligtende naboskab", som blandt andet indebærer, at beboerne har et stort engagement i bebyggelsens vedligeholdelse og drift.

Beboerne har givet bebyggelsen tilnavnet "Blækhuset". Baggrunden er, at Bogholder Allé har sit navn efter den bogholder, der i sin tid anlagde alléen. Bogholderen arbejdede for fattigvæsenet og havde til det brug et lille hus for enden af alléen. Her tog han imod de fattige med penneskaffet i hånden. Naboen døbte derfor det lille hus "Blækhuset"³.

¹ Fællesadministrationen 3B a.m.b.a. fungerede indtil januar 2008 som fælles administration for de tre almene boligorganisationer Fagforeningernes Boligforening (FB), Københavns Sociale Boligselskab (KSB) og Boligselskabet af 1944 i Herlev.

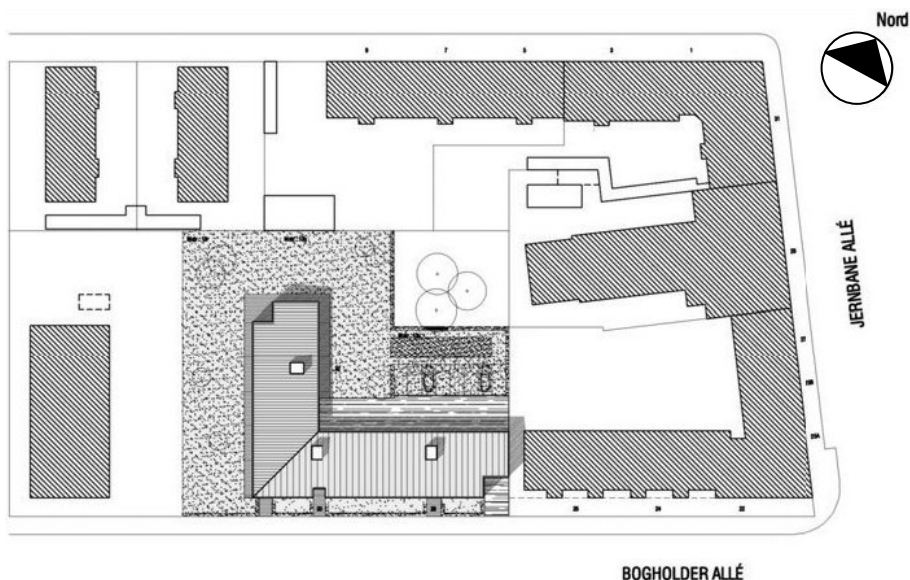
Den 1. januar 2008 fusionerede de fire organisationer til Boligforeningen 3B.

² Almene boliger: Indskud ca. 27.000 – 37.000 kr.; leje ca. 6.000 – 8.500 kr.

Almene medejerboliger: Indskud ca. 280.000 – 370.000 kr.; leje ca. 5.000 – 7.000 kr.

Kilde: Boligselskabet KSB, medio 2006

³ Kilde: Nyhedsbrev fra Fællesadministrationen 3B a.m.b.a., januar 2003.



Figur 1. Situationsplan.

En stor del af facaderne, navnlig de sydøst- og sydvestvendte, består af glas. Der er i byggeriet anvendt et nyudviklet, multioplukkeligt facadesystem bestående af flerfags, højsolerende foldedøre, som gør det muligt at åbne hele eller store dele af facaden. Herved skabes stor rummelighed og fleksibilitet i boligen, som kan anvendes mere utraditionelt med hensyn til åbenhed mod det fri med de samme brugsmønstre, som kendes fra glasudestuer og altaner.

Foldedørene er 4-fags fløjdøre i rummets fulde højde og i rummets fulde bredde. For at det er muligt at renholde vinduerne, er der en såkaldt pudsealtan i stuens fulde bredde. Pudsealtanen er ikke beregnet til ophold, og den er derfor kun ca. 80 cm dyb, og bunden er en galvaniseret stålrist.

En detaljeret beskrivelse af bygningen herunder den arkitektoniske idé, planløsninger samt konstruktioner og materialer findes i *By og Byg Resultater 030* (Engelund Thomsen et al., 2003).

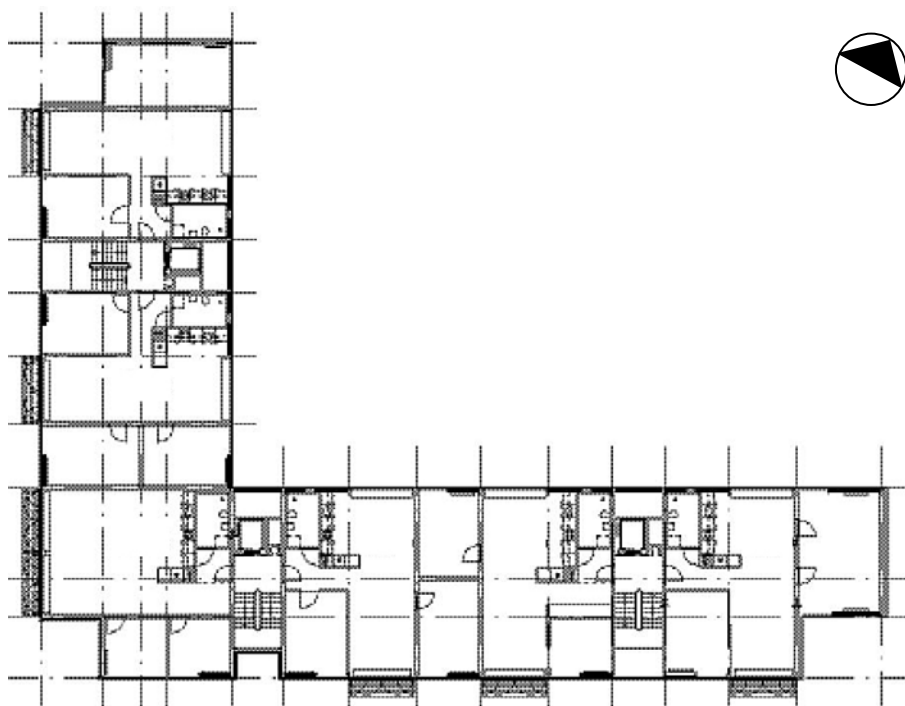
Figur 1 ovenfor viser situationsplan. Figur 2 nedenfor viser bygningens karakteristiske hjørne mod syd og efterfølgende figur 3 og figur 4 viser henholdsvis facade mod Bogholder Allé og typisk etageplan. Figur 5, 6, 7 og 8 viser fotos af ejendommen.



Figur 2. Bogholder Allé 28-32, hjørne mod syd – til højre i billedet facade mod Bogholder Allé.



Figur 3. Facade mod Bogholder Allé (sydøst).



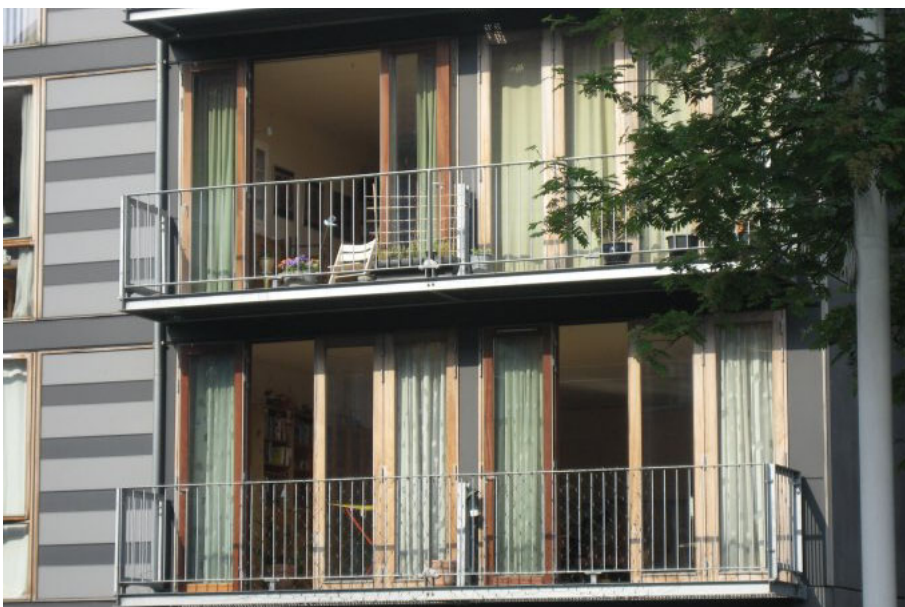
Figur 4. Typisk etageplan.



Figur 5. Udsnit af facade mod sydøst. En del beboere har afskærmet altanens sider. Efter alt at dømme benyttes pudsealtanerne i mange tilfælde på samme måde som traditionelle altaner. Figur 6 viser lignende eksempler. Der ses gardiner i alle lejligheder, og der ses mange forskellige typer gardiner (i fuld rumhøjde, delt vandret, lamel-, rulle- og foldegardiner), hvilket indikerer, at gardinerne foruden at fungere som solafskærmning også tjener til at imødegå indkig. Se tilsvarende eksempler i figur 8.



Figur 6. Facade mod sydvest.



Figur 7. Udsnit af facade mod sydvest.



Figur 8. Facade mod nordvest, dvs. bagsiden af Bogholder Allé 28 og 30.

Tidligere undersøgelser

Højisolerede transparente og translucente, dvs. ugenomsigtige, men gennemsigelige, rudetyper åbner interessante energimæssige og arkitektoniske perspektiver for anvendelse af store glaspartier i byggeriet. SBI har været involveret i adskillige forsknings- og demonstrationsprojekter på området, og i det følgende refereres ganske kort nogle af de projekter, som har relation til nærværende projekt.

Højisolerede glashuse

I *SBI-rapport 220* (Johnsen & Schmidt, 1993) er der for to 2-etages boligtyper, henholdsvis en villa og et rækkehus, skitseret, hvordan højisolerede transparente vakuumruder og translucente aerogelruder kan udnyttes til at opnå god arkitektur i kombination med et lavt energiforbrug, gode dagslysforhold og et behageligt indeklima. I både villaen og rækkehuset består ca. 1/3 af facaden af transparente ruder og ca. 1/3 af translucente ruder, mens resten af facaden er almindelig, velisoleret ydervæg. For at holde indetemperaturen nede om sommeren er der forudsat store, skyggende udhæng og gode naturlige ventilationsmuligheder.

Det højisolerede glashus på Egebjerggård

De arkitektoniske overvejelser og skitser samt konsekvensberegningerne i ovennævnte *SBI-rapport 220* (Johnsen & Schmidt, 1993) var forudsætningen for at finde bygherre og finansiering til at opføre "Det højisolerede glashus" på Egebjerggård. Formålet med projektet var at demonstrere muligheden for at opføre et hus med 90 procent glas i facaderne uden at overskride bygningsreglementets energirammebestemmelser og uden at gå på kompromis med den termiske komfort.

"Det højisolerede glashus" er et hus på 205 m² fordelt på to etager med et bebygget areal på 115 m². I huset er der indvendig solafskærmning med tætte, lyse rullegardiner, og der er etableret udluftning gennem tre ovenlys i taget, højsiddende tophængte vinduer og døre i glasfacaden samt gennem store skydedøre.

Erfaringer fra byggeriet har vist, at for at overholde bygningsreglementets energibestemmelser er det nødvendigt, at opmærksomheden både under projektering og under opførelse i særlig grad rettes mod eliminering af kuldebroer i facaderne. Desuden skal reguleringen af varmeafgivere reagere hurtigt fx på et pludseligt opstået stort solindfald. I rapporten er det vist, at om sommeren, og mens huset stod tomt med små automatisk styrede udluftningsvinduer i brug, var indetemperaturen generelt kun få grader over udetemperaturen. Det tyder således på, at ventilationsåbningernes størrelse er tilstrækkelig til, at det er muligt at opretholde en temperatur på et acceptabelt niveau, indtil husets beboere kommer hjem fra arbejde.

Projektet er rapporteret i *SBI-rapport 317* (Wittchen & Aggerholm, 1999).

Højisolerede glaspartier i nye etageboliger

Projektet "Højisolerede glaspartier i nye etageboliger", som er gennemført under EFP-97, byggede videre på erfaringerne fra *SBI-rapport 220* (Johnsen & Schmidt, 1993), men med speciel fokus på etageboliger. Formålet med projektet var at analysere og beskrive anvendelsesmulighederne for højisolerede rudetyper og glaspartier i etageboliger ud fra en arkitektonisk synsvinkel og ud fra energi- og indeklimamæssige aspekter.

Konsekvensberegninger af energiforbrug for forskellige plan- og facade-løsninger viste, at det er muligt at reducere varmebehovet betydeligt ved anvendelse af vinduespartier med en U-værdi på 0,90 W/m²K og en total solvarmetransmittans på 0,5. Energiforbruget var ca. 30 procent lavere end kravet om største energiramme i det på det tidspunkt gældende bygningsreglement, BR-95.

Anvendelse af store glaspartier i etageboliger medfører en potentiel risiko for utilfredsstillende høje indetemperaturer på solrige dage i sommerhalvåret. Det er derfor vigtigt, at der findes muligheder for at forøge ventilationen i tilfælde af høje indetemperaturer, og i projektet blev det fundet, at det optimale er at etablere automatisk oplukkelige vinduer, så ventilationen kan forøges, selvom beboerne ikke er hjemme. Der anbefales mindst 0,4 m² frit åbningsareal pr. facade pr. lejlighed, hvoraf mindst halvdelen skal være automatisk oplukkeligt, mens det resterende åbningsareal kan betjenes manuelt.

Desuden anbefales det, at der anvendes indvendige, lyse gardiner af hensyn til strålevarmen. Lyse afskærmninger har en større effektivitet end mørke. Solafskærmningen skal være regulerbar, da den ikke må reducere solindfaldet gennem vinduerne, når der er behov for varme.

Konsekvensberegninger af temperaturforholdene viste, at det vil være muligt at opnå acceptable indetemperaturer, hvis der sikres passende ventilation, og hvis der anvendes indvendige lyse gardiner. Hermed kan indetemperaturen holdes på et niveau ca. 2 °C over udetemperaturen.

Projektet er afrapporteret i *By og Byg Resultater 010* (Engelund Thomsen et al., 2001). Rapporten indeholder foruden de nævnte beregninger dels et stort antal eksempler på etageboliger med glasfacader dels en detaljeret gennemgang af en række forskellige plan- og facadeløsninger.

Oplukkelig glasfacade i ny etagebolig

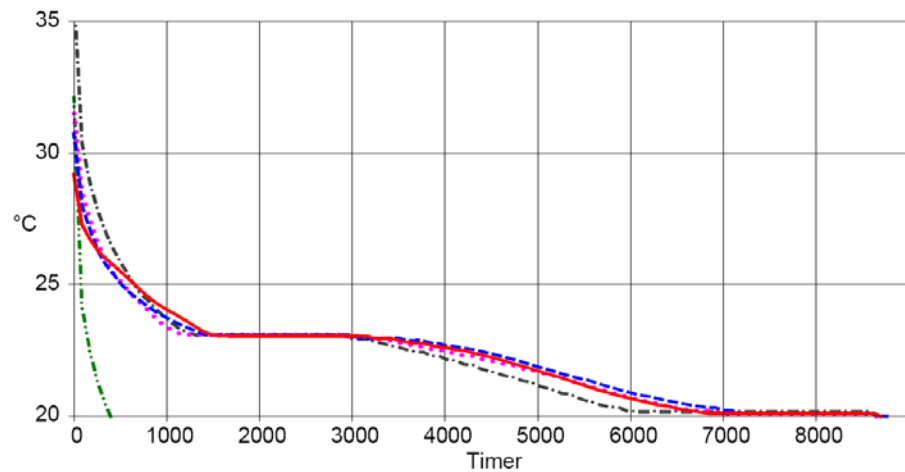
Resultaterne fra EFP-97 projektet "Højisolerende glaspartier i nye etageboliger", *By og Byg Resultater 010* (Engelund Thomsen et al., 2001), dannede grundlag for et skitseprojekt, som efterfølgende ledte til opførelse af etageboligbebyggelsen på Bogholder Allé i Vanløse.

Med fokus på anvendelsen af højisolerende glaspartier iværksattes i forbindelse med projektering af bebyggelsen et forskningsprojekt, som havde til formål at demonstrere, hvordan nye rudetyper og glaspartier kan indpasses i etageboligbyggeri, således at der opnås interessante facadeudtryk samt gode rum- og lysvirkninger. I projektet er der blandt andet foretaget analyser af, hvad der kan forventes af energi- og temperaturforhold i udvalgte lejligheder i bebyggelsen.

Med de anvendte 2-lags lavenergiruder, som har en center U-værdi på 1,1 W/m² K og en solvarmetransmittans på 0,63, og med øvrige konstruktioner, som netop lever op til de bestemmelser til varmeisolering, som var gældende på daværende tidspunkt (BR-95), kunne energibehovet til rumopvarmning og ventilation beregnes til 52,5 kWh/m² pr. fyringssæson, dvs. fra september til og med maj. Energiforbruget svarer til 87 procent af den på daværende tidspunkt tilladte energiramme, som blev beregnet til 60 kWh/m² pr. år.

Alene ud fra et ønske om at begrænse byggeomkostningerne rummer klimaskærmen i byggeriet ikke mere isolering end krævet af det daværende bygningsreglement. Med yderligere isolering ville det være muligt at nedbringe energiforbruget med 25–30 procent, som er et angivet mål i Energi 21 (Miljø- og Energiministeriet, 1996).

De forventede temperaturforhold er analyseret for fire udvalgte lejligheder, hvoraf to er beliggende på øverste etage, og to er beliggende på næstøverste etage. De udvalgte lejligheder er de mest solbelastede, og de vil dermed opnå de højeste indetemperaturer, hvis der ikke gennemføres særlige foranstaltninger. Beregningerne viser, at uden særlige foranstaltninger til at holde indetemperaturen nede, vil der til tider forekomme høje indetemperaturer. Navnlig den sydvestvendte penthouselejlighed er udsat. Et resultat eksempel er vist i figur 9 nedenfor. Figuren viser for hver af de fire lejligheder en summering af antallet af timer, hvor indetemperaturen er over en given temperatur. Eksempelvis fremgår det, at i alle fire lejligheder er den beregnede indetemperatur over 25 °C i 5-700 af årets 8760 timer.



Figur 9. Sumkurve for udetemperaturen (grøn kurve) og sumkurver for rumtemperaturen i hver af de fire lejligheder. Hver kurve angiver, hvor mange timer i løbet af året temperaturen er over en given grænse. Fx er rumtemperaturen i alle fire lejligheder over 25 °C i 5-700 af årets 8760 timer. Til sammenligning er udeluftens temperatur over 25 °C i mindre end 70 timer. Kilde: *By og Byg Resultater 030* (Engelund Thomsen et al., 2003).

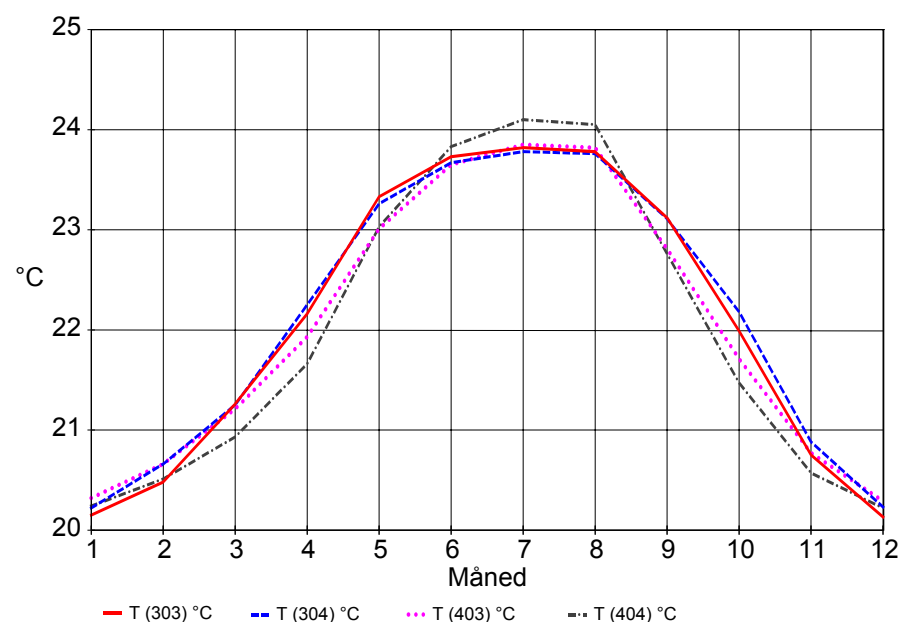
I projektet er tre forskellige foranstaltninger til nedbringelse af indetemperaturen undersøgt:

- anvendelse af lyse indvendige gardiner
- anvendelse af lyse indvendige gardiner og ekstra udluftning
- anvendelse af udvendig solafskærmning

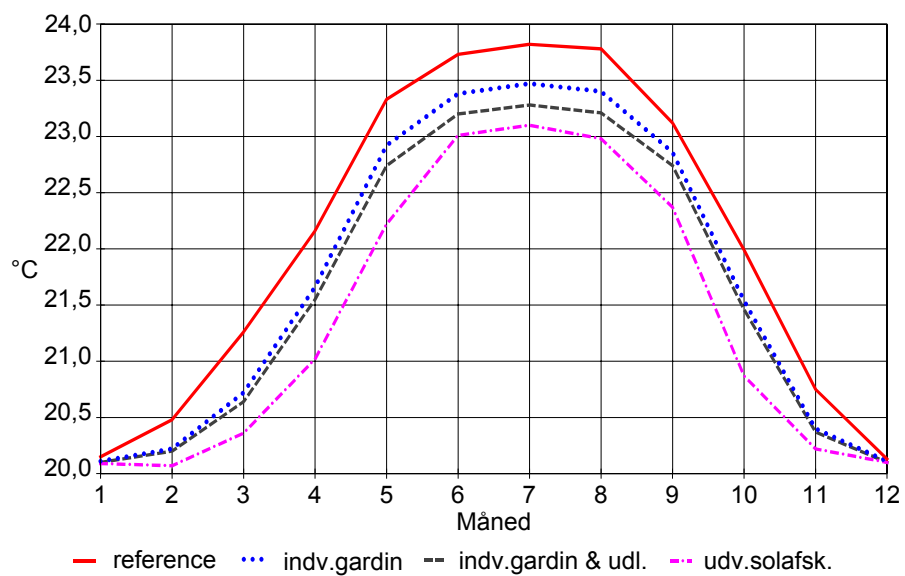
Figur 10 viser månedsmiddelværdierne for indetemperaturen i de fire undersøgte lejligheder, når der ikke anvendes særlige foranstaltninger til nedbringelse af temperaturen. Efterfølgende figur 11 viser, for én af de fire lejligheder, effekten af de tre nævnte foranstaltninger.

Overordnet viser simuleringerne, at de mest solbelastede lejligheder stadig er noget varmere, end det normalt kan forventes af en lejlighed i en etageboligbebyggelse.

Projektet er rapporteret i *By og Byg Resultater 030* (Engelund Thomsen et al., 2003).



Figur 10. Månedsmiddelværdier for rumtemperaturen i de fire lejligheder, når der ikke anvendes særlige foranstaltninger til nedbringelse af rumtemperaturen. Kilde: *By og Byg Resultater 030* (Engelund Thomsen et al., 2003).



Figur 11. Månedsmiddeltemperaturen i køkken/alrum i én af de fire lejligheder uden persontilstedeværelse i referencetilstand og med tre forskellige foranstaltninger til nedbringelse af indetemperaturen. Kilde: *By og Byg Resultater 030* (Engelund Thomsen et al., 2003).

Metoder, resultater og vurderinger

Projektet har til formål at eftervise indeklimaforhold og energiforbrug i etageboligbebyggelsen på Bogholder Allé i Vanløse i forhold til de forudsætninger og beregninger, der indgik i EFP-2001 projektet rapporteret i *By og Byg Resultater 030* "Oplukkelig glasfacade i ny etagebolig", (Engelund Thomsen et al., 2003). Hovedelementer i projektet er således målinger og registreringer i udvalgte lejligheder i bebyggelsen og analyser ved hjælp af beregningsprogrammet *Be06* (Aggerholm & Grau, 2008).

Dette kapitel giver en oversigt over omfanget af undersøgelser i de udvalgte lejligheder, herunder benyttede fremgangsmåder, målemetoder og måleudstyr. Desuden præsenteres registreringer og måleresultater, og efterfølgende diskuteres og vurderes det fundne. Bilag sidst i rapporten viser måleresultater med større detaljeringsgrad.

Omfang

Der er udvalgt seks lejligheder af de i alt 24 lejligheder i etageboligbebyggelsen Bogholder Allé 28-32. I hver af de udvalgte lejligheder er der foretaget registreringer, målinger og beboerinterviews.

- Undersøgelserne er gennemført i perioden december 2004 til juli 2006.
- Igennem hele undersøgelsesperioden er der i hver af de udvalgte lejligheder kontinuert foretaget registreringer af rumluftens temperatur og relative fugtighed.
- Ventilationen i de udvalgte lejligheder er målt to gange, henholdsvis i december 2004 og i januar 2006. Målingerne er foretaget med passiv sporgasteknik, den såkaldte PFT-metode, og varigheden af måleperioderne har været ca. 8 dage.
- I én af lejlighederne er der målt dagslysfaktorer i tre parallelle målelinjer. Dagslysfaktoren, som udtrykkes i procent, er et mål for mængden af dagslys inde i forhold til ude.
- I to lejligheder er der på udvalgte glaspartier målt U-værdier centralt på ruderne. Desuden er der i ét tilfælde målt nær vinduesrammen. U-værdien (W/m^2K) er et udtryk for varmetabet gennem en flade.
- I hver af de udvalgte lejligheder er der med jævne mellemrum igennem hele måleperioden foretaget aflæsninger af lejlighedernes el-, vand- og varmemålere.
- Med udgangspunkt i et interviewschema er der gennemført strukturerede samtaler med beboerne om deres brug af lejligheden og deres vurdering af temperatur-, ventilations- og lysforhold.

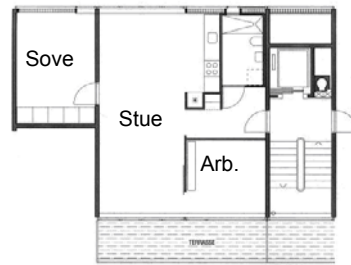
Udvælgelse af lejligheder

Der er til undersøgelserne udvalgt seks lejligheder. Af anonymitetshensyn betegnes lejlighederne 1 til 6. Desuden betegnes lejlighederne efter den primære orientering af de rumhøje glaspartier, henholdsvis SØ og SV. To af de udvalgte lejligheder har glaspartier mod både sydøst og sydvest. Disse lejligheder betegnes SØSV. Figur 12 nedenfor viser oversigtsmæssige planer af de udvalgte lejligheder.



Lejlighed: 1-SØ

- 3-rums lejlighed
- stue, soverum, arbejdsværelse
- brutto-/nettoareal: 84/63 m²



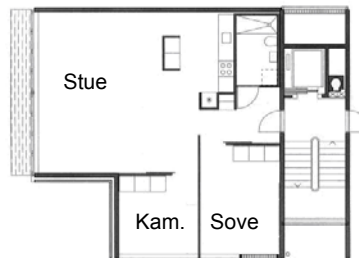
Lejlighed: 2-SØ

- 3-rums lejlighed
- stue, soverum, spiseafdeling
- brutto-/nettoareal: 95/73 m²



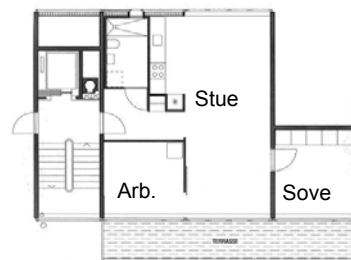
Lejlighed: 3-SØSV

- 3-rums lejlighed
- stue, soverum, kammer
- brutto-/nettoareal: 96/76 m²



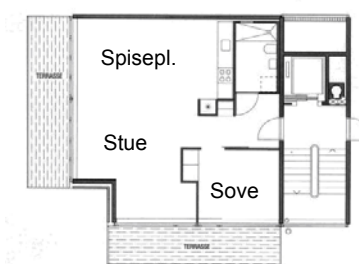
Lejlighed: 4-SØ

- 3-rums lejlighed
- stue, soverum, arbejdsværelse
- brutto-/nettoareal: 81/60 m²



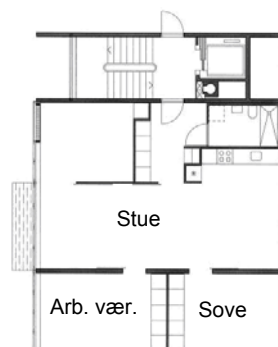
Lejlighed: 5-SØSV

- 2-rums lejlighed
- stue, stue/spiseplads, soverum
- brutto-/nettoareal: 79/58 m²



Lejlighed: 6-SV

- 4-rums lejlighed
- stue, soverum, arbejdsværelse
- brutto-/nettoareal: 110/87 m²



Figur 12. Oversigtsmæssige planer af de udvalgte lejligheder.

Temperatur og relativ fugtighed

Metode

Målingerne af rumluftens temperatur og relative fugtighed er foretaget ved hjælp af programmerbare mini-dataloggere type TinyTags, fabrikat Gemini Data Loggers, se figur 13. En datalogger registrerer både temperatur og relativ fugtighed. Dataloggerne har i denne undersøgelse været programmeret til at foretage registrering hvert 30. minut.

Der har været anbragt i alt tre dataloggere i hver lejlighed. I alle lejligheder har der været anbragt én datalogger i lejlighedens soverum. I 2-rums lejlighederne har de to øvrige loggere været anbragt i hver ende af lejlighedens stue/køkken/alrum. I 3-rums lejlighederne har de to øvrige dataloggere været anbragt henholdsvis centralt i lejlighedens stue/køkken/alrum og i "det tredje rum", som betegnes kammer eller arbejdsværelse. I 4-rums lejligheden er der ikke målt i "det fjerde rum", idet rummet temperatur- og ventilationsmæssigt er i god forbindelse med stuen.

Resultater

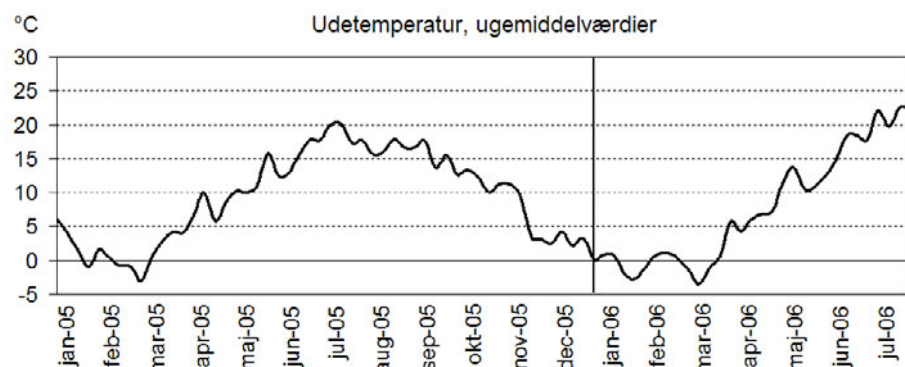
Figur 14 viser udeluftens temperaturen i måleperioden januar 2005 til juli 2006.

Resultaterne af målingerne af temperatur og relativ fugtighed i de enkelte lejligheder er vist i Bilag A: Temperatur- og fugtmålinger. Figurene nedenfor viser som eksempel udvalgte resultater fra lejligheden 5-SØSV.

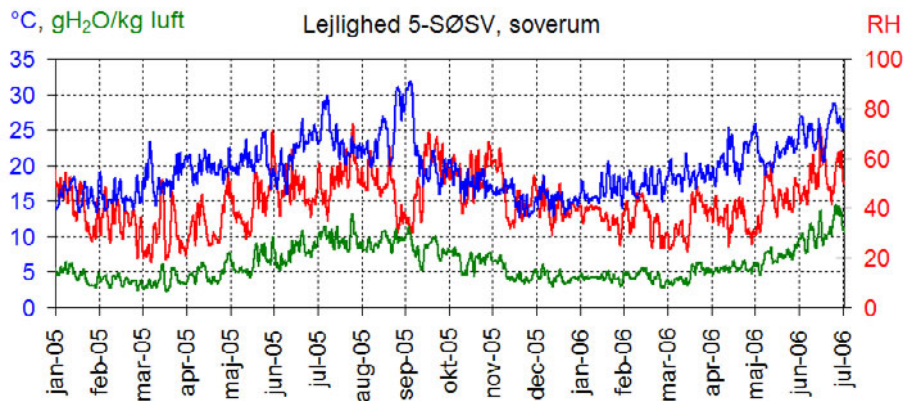
På baggrund af temperatur- og fugtmålingerne er rumluftens absolutte vanddampindhold, g vand pr. kg luft, beregnet. Resultaterne af beregningerne indgår i figurene nedenfor og i bilaget.



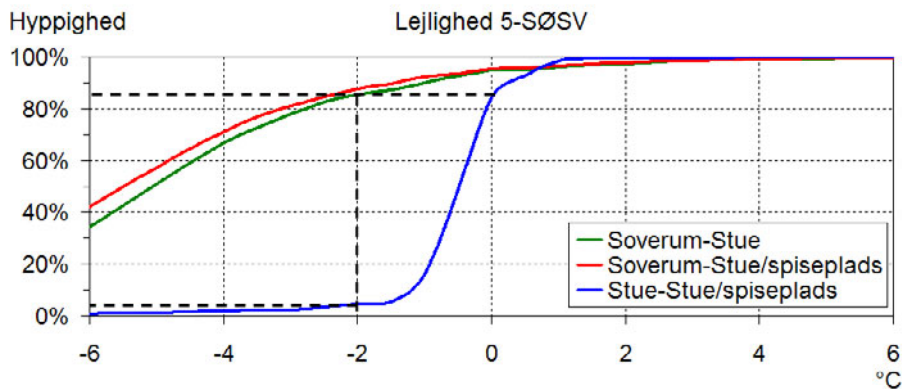
Figur 13. Mini-datalogger type TinyTag til registrering af lufttemperatur og relativ luftfugtighed.



Figur 14. Udeluftens temperatur januar 2005 til juli 2006. Kilde: DMI

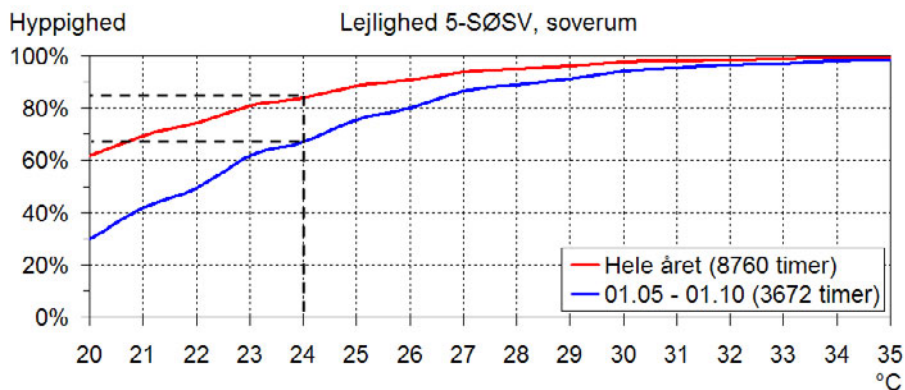


Figur 15. Figuren viser resultaterne af målinger foretaget i soverummet i lejligheden 5-SØSV i perioden januar 2005 til juli 2006. Figuren viser døgnmiddelværdier af rumluftens temperatur (blå, venstre y-akse) og relative fugtighed (rød, højre y-akse). På baggrund af temperatur- og fugtmålingerne er døgnmiddelværdier af rumluftens absolutte vanddampindhold [g vand pr. kg luft] beregnet (grøn, venstre y-akse).



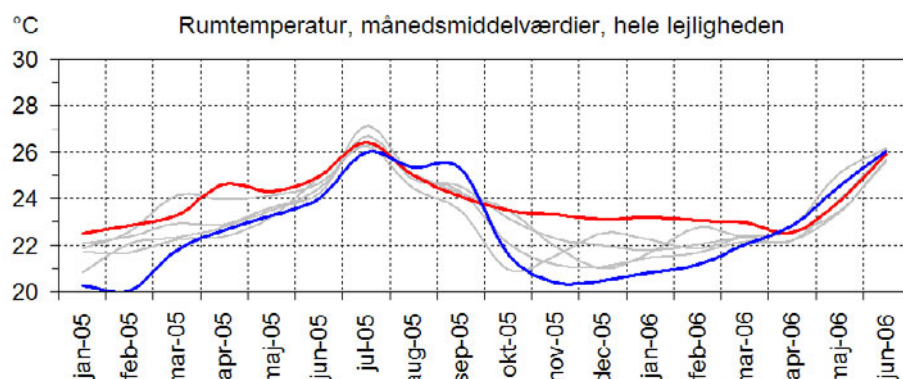
Figur 16. Kumuleret, relativ fordeling af forskellen i lufttemperatur mellem de tre rum i lejligheden 5-SØSV. Kurverne viser den procentvise andel af tiden, hvor lufttemperaturforskellen er lavere end angivet på x-aksen.

Eksempel: Den grønne kurve viser forskellen i lufttemperatur mellem soverummet og stuen. Kurven viser, at i ca. 85 procent af tiden fra jan-05 til juli-06 har lufttemperaturen været mere end 2 °C lavere i soverummet end i stuen. Af den blå kurve ses, at i ca. 85 procent af tiden har lufttemperaturen været lavere i stuen end ved stue/spiseplads, men kun i ca. 5 procent af tiden har temperaturforskellen været mere end 2 °C.

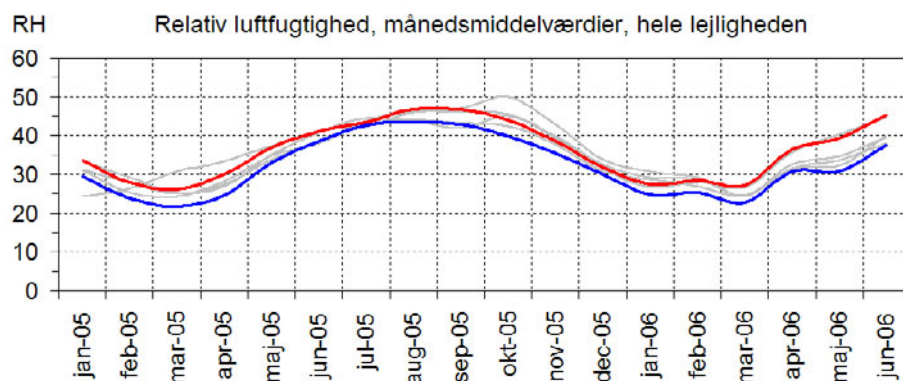


Figur 17. Kumuleret, relativ fordeling af målt lufttemperatur i soverummet i lejligheden 5-SØSV. Kurverne viser den procentvise andel af tiden, hvor der er målt lavere lufttemperatur end angivet på x-aksen. Eksempel: I ca. 85 procent af tiden (2005, rød kurve) har lufttemperaturen i soverummet været 24 °C eller lavere. I sommerperioden (blå kurve) har lufttemperaturen været 24 °C eller lavere i ca. 65 procent af tiden.

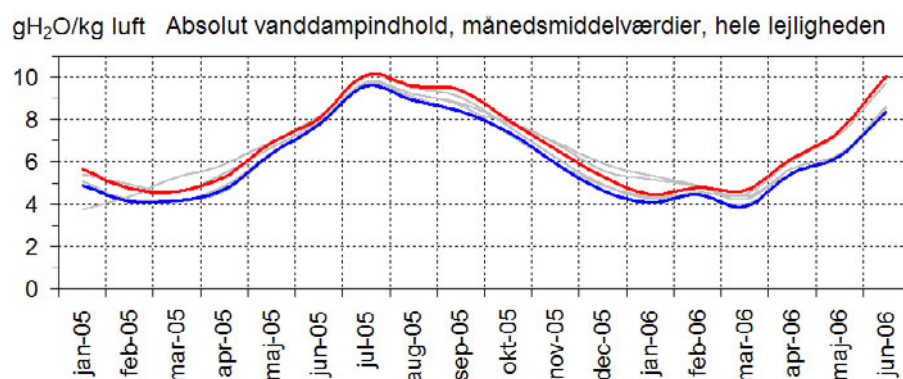
Figureerne nedenfor viser for hver af de undersøgte lejligheder måneds-middelværdier for henholdsvis lufttemperaturen, rumluftens relative fugtighed og rumluftens absolutte vanddampindhold. Hver for sig gælder kurverne for hele lejligheden, idet kurverne er baseret på gennemsnittet af måleresultaterne i alle tre målepunkter i hver lejlighed.



Figur 18. Månedsmiddelværdier for lufttemperaturen i hver af de seks lejligheder. Den røde kurve angiver den lejlighed, hvor middeltemperaturen for hele måleperioden er højest (1-SØ; 23,9 °C), mens den blå kurve angiver den lejlighed, hvor middeltemperaturen for hele måleperioden er lavest (5-SØSV; 22,7 °C). De lysegrå kurver gælder de øvrige fire lejligheder.



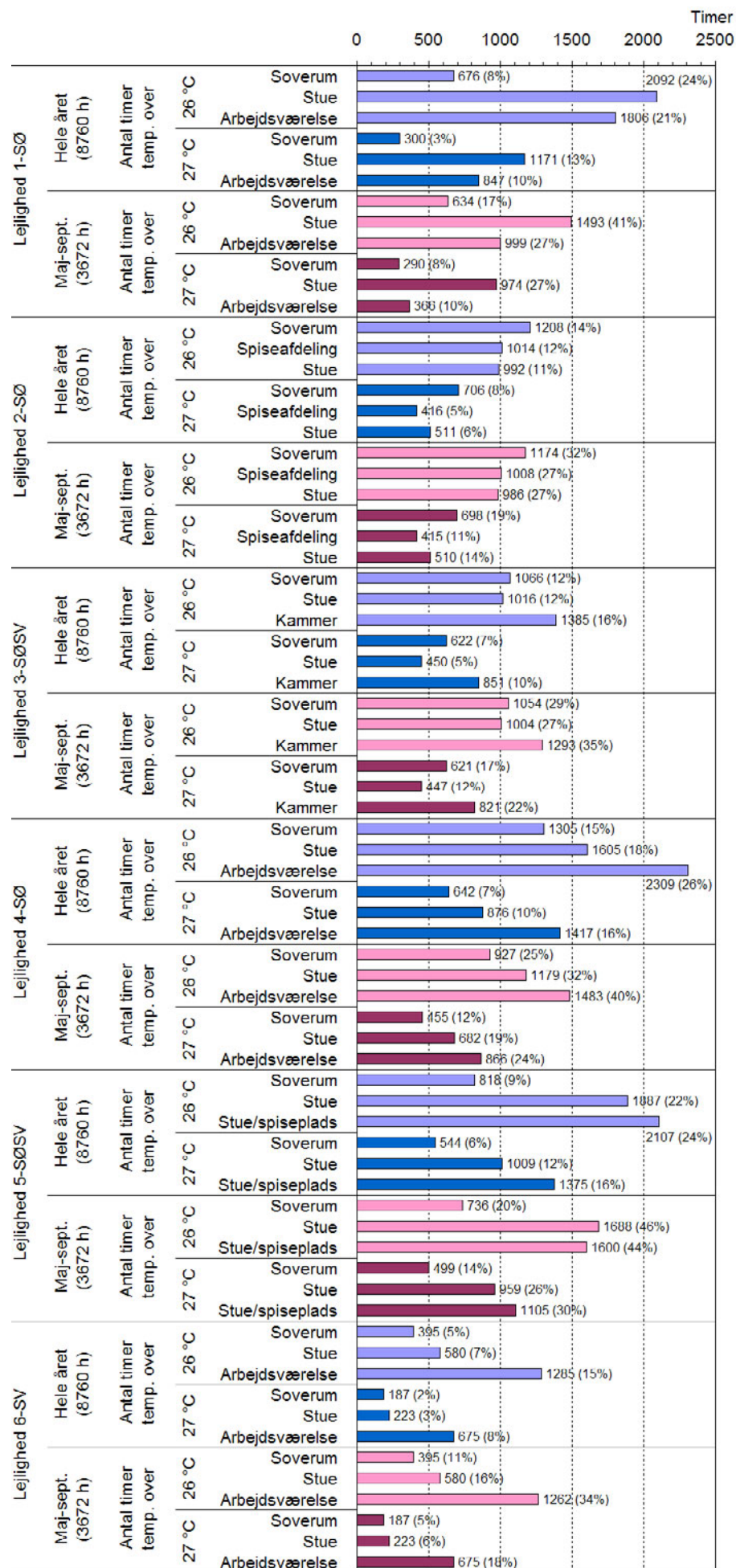
Figur 19. Månedsmiddelværdier for rumluftens relative fugtighed i hver af de seks lejligheder. Den røde kurve angiver den lejlighed, hvor rumluftens relative fugtighed i middel for hele måleperioden er højest (2-SØ; 36 %RH), mens den blå kurve angiver den lejlighed, hvor den relative luftfugtighed i middel for hele måleperioden er lavest (4-SØ; 32 %RH). De lysegrå kurver gælder de øvrige fire lejligheder.



Figur 20. Månedsmiddelværdier for rumluftens absolutte vanddampindhold i hver af de seks lejligheder. Den røde kurve angiver den lejlighed, hvor rumluftens absolutte vanddampindhold i middel for hele måleperioden er højest (2-SØ; 6,8 gH₂O/kg luft), mens den blå kurve angiver den lejlighed, hvor rumluftens absolutte vanddampindhold i middel for hele måleperioden er lavest (4-SØ; 6,1 gH₂O/kg luft). De lysegrå kurver gælder de øvrige fire lejligheder.

Tabel 1. For hver lejlighed og for henholdsvis *Hele året* (2005) og *Maj-sept.* (sommerperioden) er vist middellufttemperaturen i de enkelte rum og i hele lejligheden. Desuden er vist udvalgte fraktiler, som angiver den procentvise andel af tiden, hvor temperaturen er lig med eller lavere end angivet. I tilknytning til fraktilerne er vist det antal timer, som fraktilen udgør af henholdsvis hele året og sommerperioden. Eksempel: I lejligheden 1-SØ er lufttemperaturen i soverummet i middel over året 23,3 °C. I 95 procent af tiden, svarende til 8322 timer af årets 8760 timer, er lufttemperaturen 26,5 °C eller lavere. I sommerperioden er middellufttemperaturen i soverummet 24,4 °C, og i 95 procent af tiden (3488 timer af periodens 3672 timer) er lufttemperaturen 27,6 °C eller lavere.

Lejlighed	Periode	Rum	Lufttemperatur [°C], middel og udvalgte fraktiler					
			Middel	Fraktil				
				5 %	25 %	50 %	75 %	95 %
				Af årets 8760 timer udgør fraktilerne: 438 h 2190 h 4380 h 6570 h 8322 h Af sommerperiodens 3672 timer udgør fraktilerne: 184 h 918 h 1836 h 2754 h 3488 h				
1-SØ	Hele året	Soverum	23,3	20,8	22,1	23,1	24,4	26,5
		Stue	24,5	21,8	22,7	24,1	25,8	28,7
		Arbejdsværelse	24,3	20,8	22,7	24,1	25,4	28,3
		Hele lejligheden	24,0	21,1	22,4	23,4	25,1	28,3
	Maj – sept.	Soverum	24,4	21,4	23,1	24,1	25,4	27,6
		Stue	25,7	22,1	24,1	25,4	27,2	30,2
		Arbejdsværelse	24,8	22,1	23,4	24,7	26,1	28,3
		Hele lejligheden	25,0	21,8	23,4	24,7	26,1	29,1
2-SØ	Hele året	Soverum	22,9	19,5	21,1	22,4	24,4	27,9
		Spiseafdeling	23,8	21,8	22,7	23,4	24,4	26,9
		Stue	23,7	21,8	22,7	23,4	24,4	27,2
		Hele lejligheden	23,5	20,5	22,1	23,4	24,4	27,6
	Maj – sept.	Soverum	25,0	21,8	23,1	24,7	26,5	28,7
		Spiseafdeling	24,6	21,8	23,4	24,1	26,1	28,3
		Stue	24,8	22,1	23,4	24,4	26,1	28,3
		Hele lejligheden	24,8	21,8	23,1	24,4	26,1	28,3
3-SØSV	Hele året	Soverum	22,9	20,2	20,8	22,1	24,4	27,9
		Stue	23,5	21,4	22,1	22,7	24,4	27,6
		Kammer	22,9	18,3	20,8	22,4	25,1	28,7
		Hele lejligheden	23,1	19,5	21,4	22,7	24,7	28,3
	Maj – sept.	Soverum	25,1	21,1	23,4	25,1	26,5	29,5
		Stue	25,1	21,4	23,4	24,7	26,1	29,1
		Kammer	25,6	21,4	23,7	25,4	27,2	30,2
		Hele lejligheden	25,3	21,4	23,4	25,1	26,9	29,8
4-SØ	Hele året	Soverum	22,6	18,3	20,8	22,1	24,7	28,3
		Stue	24,0	21,4	22,4	23,7	25,4	28,3
		Arbejdsværelse	24,2	20,8	22,1	23,7	26,1	29,8
		Hele lejligheden	23,6	19,5	21,8	23,4	25,4	28,7
	Maj – sept.	Soverum	24,1	20,2	22,1	24,1	26,1	29,1
		Stue	25,1	21,8	23,4	24,7	26,5	29,5
		Arbejdsværelse	25,4	21,4	23,4	25,1	26,9	30,6
		Hele lejligheden	24,9	20,8	22,7	24,7	26,5	29,8
5-SØSV	Hele året	Soverum	19,3	13,7	16,0	18,3	22,1	27,7
		Stue	24,0	21,4	22,1	23,4	25,4	29,1
		Stue/spiseplads	24,5	21,4	22,7	24,1	25,8	29,8
		Hele lejligheden	22,6	14,8	21,1	22,7	24,7	29,1
	Maj – sept.	Soverum	22,5	16,5	19,5	22,1	24,7	30,6
		Stue	25,9	22,1	24,1	25,4	27,6	30,6
		Stue/spiseplads	26,0	22,1	24,1	25,4	27,6	31,4
		Hele lejligheden	24,8	18,3	22,7	24,7	26,9	31,0
6-SV	Hele året	Soverum	21,2	17,7	19,5	20,8	22,7	25,8
		Stue	23,6	20,2	22,7	23,4	24,1	26,5
		Arbejdsværelse	23,8	20,2	22,7	23,4	24,7	27,6
		Hele lejligheden	22,9	18,9	21,4	23,1	24,1	26,9
	Maj – sept.	Soverum	23,2	19,9	21,4	23,1	24,4	27,2
		Stue	24,7	22,4	23,4	24,4	25,8	27,7
		Arbejdsværelse	25,3	22,4	23,7	25,1	26,5	28,7
		Hele lejligheden	24,4	20,8	23,1	24,4	25,8	28,2



Figur 21. Overtemperatur i lejlighederne. For hver lejlighed og for hver af perioderne *Hele året* (2005) og *Maj-sept.* (sommerperioden) er for hvert rum vist antallet af timer i løbet af perioden, hvor lufttemperaturen overstiger henholdsvis 26 °C og 27 °C. I parentes er vist det procentvise antal timer.

Vurderinger

Figur 18 og figur 19 side 22 giver et sammenfattende billede af den samlede måleperiode af målingerne af henholdsvis lufttemperaturer og relative luftfugtigheder i de seks undersøgte lejligheder. Detaljerede resultater findes i Bilag A: Temperatur- og fugtmålinger, side 45. Bilaget rummer figurer, som for hvert rum i hver af de seks lejligheder viser resultaterne af 30-minutters registreringerne af lufttemperatur og relativ luftfugtighed. For eksempel er det for lejlighed 1-SØ figur 35, figur 36 og figur 37. I de nævnte figurer er desuden vist rumluftens absolutte vanddampindhold, som er beregnet på grundlag af de målte lufttemperaturer og relative luftfugtigheder. En sammenfatning for alle lejlighederne af beregningerne af rumluftens absolutte vanddampindhold er vist i figur 20.

Figureerne viser typiske variationer over året i indendørs temperatur- og fugtforhold. De varmeste perioder i lejlighederne optræder ikke uventet i sommermånederne juli og august. Rumluftens relative fugtighed er lavest i det tidlige forår og derefter stigende frem til efterårsmånederne september og oktober, hvor den er højest.

Det fremgår af figur 18, som viser resultaterne af lufttemperaturmålingerne, at månedsmiddelværdien for juli er omtrent den samme i alle seks lejligheder, og at værdien er 26-27 °C. I månederne august og september er der fortsat overvejende kun lille forskel i månedsmiddeltemperaturen mellem lejlighederne, og værdien falder i perioden fra ca. 26 °C til ca. 24 °C. Den øvrige del af året er der større forskel i månedsmiddeltemperaturen mellem lejlighederne.

Tabel 1, side 23, viser for hver lejlighed og for hver af perioderne *Hele året* (2005) og *Maj-september* (sommerperioden) middellufttemperaturen i de enkelte rum og i hele lejligheden. Det ses af tabellen, at i fem af lejlighederne er middellufttemperaturen for lejligheden som helhed mellem 23 °C og 24 °C, mens den er 22,6 °C i lejligheden 5-SØSV. Når det gælder sommerperioden er middellufttemperaturen i lejligheden 3-SØSV lidt over 25 °C, mens den i de øvrige lejligheder er lidt under 25 °C.

De store glaspartier må forventes at give anledning til, at der forekommer lidt højere lufttemperaturer i bebyggelsens lejligheder end i tilsvarende lejligheder uden sådanne glaspartier. Om sommeren er årsagen til forventeligt højere lufttemperaturer varmebelastning fra solstråling, mens årsagen til forventeligt højere lufttemperaturer om vinteren er kuldenedfald og -stråling fra glaspartierne. Overordnet set må de målte lufttemperaturer i alle seks lejligheder da også vurderes som værende på den høje side.

Acceptabelt termisk indeklima er defineret som en kombination af klimaparametre⁴, der tilsammen opfattes som acceptabel af en vis procentdel af en stor gruppe personer, jf. DS 474 *Norm for specifikation af termisk indeklima*. Begrebet acceptabelt termisk indeklima relateres oftest til arbejdsrum på faste arbejdssteder. Det er blandt andet vist, at et forringet indeklima, herunder et forringet termisk indeklima, har en negativ indflydelse på kontorarbejde hos voksne og på skolearbejde hos børn. Typiske effekter er 5-10 procent nedsat præstation. Specifikationerne i DS 474 er dog også anvendelige for boliger.

Bygningsreglementets overordnede krav til det termiske indeklima i bygninger er, at der skal kunne opretholdes sundhedsmæssigt tilfredsstillende temperaturer, i rum hvor personer opholder sig i længere tid. Termisk komfort, som er den tilstand, hvor en person udtrykker tilfredshed med de termiske omgivelser, afhænger af det termiske indeklima, dvs. den samlede virkning af de termiske indeklimaparametre (se note 4), i sammenhæng med personens aktivitetsniveau og beklædning.

4 Strålingstemperatur, lufttemperatur, middellufthastighed og turbulensintensitet, vertikal lufttemperatur-differens, strålingstemperatursymmetri og overfladetemperatur på gulv.

Den temperatur, en person oplever i et rum, betegnes den operative temperatur. Den operative temperatur er en sammenvejning af lufttemperaturen og strålingstemperaturen fra varme og kolde overflader i rummet fx hydrørende fra solindfald om sommeren og vinduers lavere overfladetemperatur om vinteren. I mange tilfælde er der ikke væsentlig forskel på lufttemperaturen og den operative temperatur, men i rum med særligt store varme eller kolde overflader, træk eller lignende kan der være forskel.

DS 474 angiver vejledende, at den operative temperatur bør være mellem 20 °C og 24 °C, når rummet benyttes af siddende personer med almindelig indendørsbeklædning. Under sommerforhold angives vejledende intervallet 23 °C til 26 °C. Endvidere tillades længerevarende overskridelser på ekstraordinært varme dage, og som vejledning anføres, at den operative temperatur i opholdstiden for eksempel højst må overskride 26 °C i 100 timer og 27 °C i 25 timer i løbet af et typisk år.

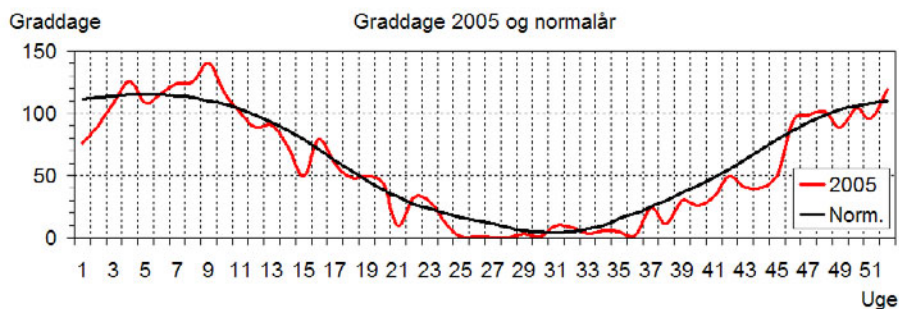
Som nævnt ovenfor må det forventes, at de store glaspartier i lejlighederne giver anledning til lidt højere lufttemperaturer både om sommeren og om vinteren. Af tabel 1 kan det beregnes, at middellufttemperaturen over året i gennemsnit for alle seks undersøgte lejligheder er lidt over 23 °C, mens den i sommerperioden er lidt under 25 °C i gennemsnit for alle seks lejligheder. Begge gennemsnitsværdier ligger noget over, hvad der almindeligvis forekommer i boliger.

Der er ikke i forbindelse med målingerne i lejlighederne foretaget registrering af det aktuelle antal soltimer i Bogholder Allé. Tabel 2 nedenfor viser Danmarks Meteorologiske Institut's landsregistreringer. Det fremgår af tabellen, at 2005 var et solrigt år; på landsplan var der 23 procent flere solskinstimer end i normalåret. Også temperaturmæssigt adskilte året sig fra normalåret. I forhold til normalåret var ca. 9 procent færre graddage. Figur 22 og figur 23 viser henholdsvis graddagetallet og kumulerede graddage for 2005 i forhold til normalåret. Navnlig det høje antal solskinstimer, men muligvis også det færre antal graddage, kan være medvirkende årsager til de relativt høje lufttemperaturer, der er registreret i lejlighederne.

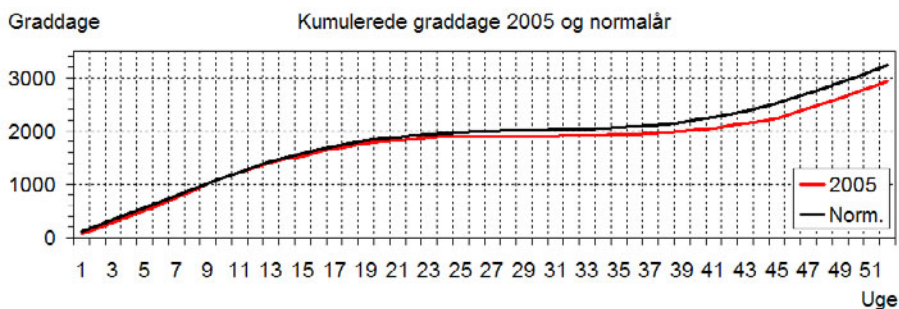
Figur 21, side 24, viser overtemperatur i de enkelte rum i lejlighederne, dvs. antallet af timer og den tilsvarende procentvis andel af tiden, hvor lufttemperaturen overstiger henholdsvis 26 °C og 27 °C. Figur 24 nedenfor "sammenfatter" figur 21, idet figuren viser som gennemsnit for alle lejligheder og som gennemsnit for henholdsvis soverum, stuer og "andre" rum antallet af timer, hvor rumluftens temperatur overstiger henholdsvis 26 °C og 27 °C.

Tabel 2. Udeklima 2005 og afvigelse fra normalår. Kilde: DMI.

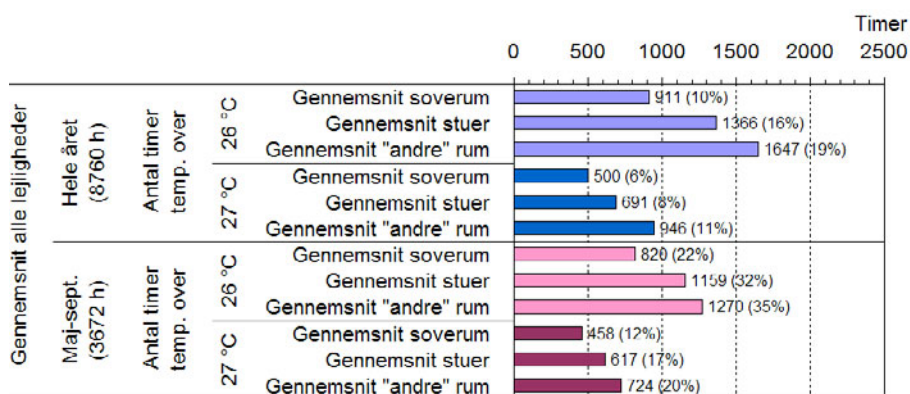
	Landstal 2005			Afvigelse fra normalår			Beskrivelse
	Udetemp.	Nedbør	Soltimer	Udetemp.	Nedbør	Soltimer	
	[°C]	[mm]	[h]	[°C]	pct.	pct.	
Jan.	3,6	63	73	+ 3,6	+ 11	+ 70	Varm og solrig måned
Feb.	0,2	44	85	+ 0,2	+ 16	+ 23	Temmelig solrig måned
Mar.	1,5	42	180	- 0,6	- 9	+ 64	Lidt kold og meget solrig måned
Apr.	7,7	29	221	+ 2,0	- 29	+ 36	Varm, solrig og kun lidt nedbør
Maj	10,8	61	208	0,0	+ 27	+ 0	Forholdsvis våd måned
Jun.	13,9	53	245	- 0,4	- 4	+ 17	Temmelig solrig måned
Jul.	17,2	96	191	+ 1,6	+ 45	- 3	Temmelig varm og våd måned
Aug.	15,5	51	181	- 0,2	- 24	- 3	Kun lidt nedbør i måneden
Sep.	14,4	28	181	+ 1,7	- 62	+ 41	Solrig, tør og varm måned
Okt.	11,0	58	162	+ 1,9	- 24	+ 86	Meget solrig og lun måned
Nov.	6,2	70	64	+ 1,5	- 11	+ 19	Temmelig varm måned
Dec.	2,7	50	56	+ 1,1	- 24	+ 30	Temmelig varm og solrig måned



Figur 22. Graddage i 2005 og normalår.



Figur 23. Kumulerede graddage i 2005 og normalår.



Figur 24. Overtemperatur i soverum, stuer og "andre" rum i gennemsnit for alle lejligheder.

Det fremgår såvel af tabel 1 som af figur 21 og figur 24, at lufttemperaturen i lejlighederne overstiger både 26 °C og 27 °C i væsentlig flere timer end retningslinjerne anført i DS 474. Af tabel 1 ses, at i lejligheden 5-SØSV er middeltemperaturen for lejligheden 31 °C eller mere i 5 procent af tiden i sommerperioden svarende til 184 timer.

Det fremgår desuden af tabellen og figurerne, at rummene med det færreste antal timer med overtemperatur er lejlighedernes soverum. Resultaterne afspejler det velkendte, at det almindeligvis foretrækkes at opretholde en lavere temperatur i soverummet end i den øvrige bolig.

Af figur 12, side 19, som viser oversigtsmæssige planer af de undersøgte lejligheder, ses, at glaspartierne i soverummet i lejlighederne 1-SØ og 6-SV vender mod bagsiden af ejendommen, dvs. væk fra Bogholder Allé. Disse soverum er således ikke i længere tid påvirket af direkte solindfald, og det fremgår da også af både figur 21 og figur 24, at der i disse rum er væsentligt færre timer med overtemperatur end i nogen af de øvrige undersøgte lejligheder og rum. Der er ikke i denne undersøgelse foretaget målinger af rudernes solvarmetransmittans, g.

Til støtte for vurdering af blandt andet temperaturmålingerne er der på baggrund af et interviewschema gennemført strukturerede samtaler med beboerne, se side 37. Ved samtalerne er der blandt andet spurgt til beboernes mening om temperaturforholdene i deres lejlighed. Samtlige adspurgte beboere mener, at de store glaspartier er årsag til, at der ofte – navnlig i sommerperioden – er meget varmt i lejligheden. Beboerne i den ene af de to SØSV-lejligheder, der indgår i undersøgelsen, anfører, at problemerne med for høje rumtemperaturer er mest udtalt i de rum, der vender mod sydøst, dvs. mod Bogholder Allé. Beboerne her ville foretrække, at der i disse rum var mindre og mere traditionelle vinduer. Udtalelserne er i overensstemmelse med det førnævnte, at der er betydeligt færre timer med overtemperatur i soverummene i lejlighederne 1-SØ og 6-SV, idet glaspartierne i soverummene i disse lejligheder vender mod bagsiden af ejendommen. Samtidig må det forventes, at problemer med høje lufttemperaturer vil være mest udtalt i de lejligheder, som har store glaspartier mod både sydøst og sydvest, dvs. lejlighederne 3-SØSV og 5-SØSV.

Beboernes meninger er nærmere beskrevet i afsnittet Beboerinterviews, side 37.

En metode til at nedbringe varmebelastningen fra solindfald er at anvende solafskærmning. Afskærmningen kan være udvendig fx i form af markiser, eller den kan være indvendig i form af gardiner. Bygningen er ikke forsynet med en egentlig udvendig solafskærmning som fx markiser eller persienner. Derimod er det forudsat, at pudsealtanerne, som har en dybde fra facade på ca. 80 cm, bevirker, at der forekommer en skyggevirkning på den underliggende lejlighed.

Det er ikke specifikt undersøgt, om pudsealtanerne i praksis har en afskærmende virkning over for solindfald, men som det fremgår af figur 2, figur 5 og figur 6, er det ikke samtlige glaspartier, der er afskærmet. Når det gælder lejlighederne på 3. etage, er der ingen afskærmning. Lejlighederne på etagen over, penthouseetagen, er trukket tilbage i forhold til facadelinjen, således at arealet ud for glaspartierne i disse lejligheder udgør en del af taget over lejlighederne på 3. etage. Samtidig udgør arealet et egentligt opholdsområde. Lejlighederne på penthouseetagen har ekstra stor rumhøjde, og det er usikkert, om tagudhænget i praksis er stort nok til at skærme mod solindfald.

I de undersøgte lejligheder forekommer der mange forskellige slags indvendig afskærmning; almindelige gardiner, lamelgardiner, cafégardiner, rullegardiner, persienner etc. Ifølge beboerne fungerer afskærmningen ikke blot som indvendig solafskærmning, men også som afskærmning mod indkig fra gaden og fra naboer. Se desuden både afsnittet Beboerinterviews, side 37 og afsnittet Energiforhold, side 41.

En anden metode til at nedbringe temperaturen i lejlighederne er at forøge ventilationen. Lejlighederne er udformet på en sådan måde, at alle rum med store glaspartier er forsynet med faciliteter, som tillader tværventilation. Modstående facader har indbygget mekanismer, som gør, at oplukkelige åbninger kan stilles og fastholdes i såvel tyverisikret ventilationsstilling som med større åbning. Under samtalerne med beboerne oplyser flere, at det om sommeren er helt nødvendigt, at vinduer står åbne for at nedbringe temperaturen i rummene. Resultaterne af ventilationsmålingerne er vist i afsnittet Ventilation, side 29.

Resultaterne af målingerne af rumluftens relative fugtighed er vist for hver lejlighed og for hvert enkelt rum i Bilag A: Temperatur- og fugtmålinger, side 45. Fugtmålingerne er sammenfattet i figur 19 og figur 20 ovenfor. Sidstnævnte figur viser rumluftens absolutte vanddampindhold, g vand pr. kg luft, som er beregnet på baggrund af de målte lufttemperaturer og relative luftfugtigheder.

Undersøgelser har vist, at der er en signifikant sammenhæng mellem husstøvmideforekomst i boliger og rumluftens vanddampindhold (Harving, 1994). For at reducere antallet af husstøvmider til ingen eller til få pr. gram husstøv bør rumluftens vanddampindhold være lavere end ca. 7,0 g vand pr. kg luft over en periode på nogle måneder i opvarmningssæsonen. Et vanddampindhold på ca. 7,0 g vand pr. kg luft svarer til en relativ luftfugtighed på ca. 45 %RH ved 20-22 °C. Risikoen for høj luftfugtighed kan i praksis være mest udtalt i soverum, dels fordi fugtproduktionen ofte finder sted samtidig med at ventilationen er lav, dels fordi rumtemperaturen ofte er lavere i soverummet end i den øvrige lejlighed.

Det fremgår såvel af bilaget som af figur 20, at i alle de undersøgte lejligheder er rumluftens vanddampindhold under 7 g vand pr. kg luft i så godt som hele opvarmningssæsonen. Der er ikke i dette projekt foretaget målinger af husstøvmideforekomsten i de undersøgte lejligheder, men resultaterne giver ikke anledning til at antage, at der forekommer husstøvmider i nævneværdigt antal i lejlighederne.

Ventilation

Metode

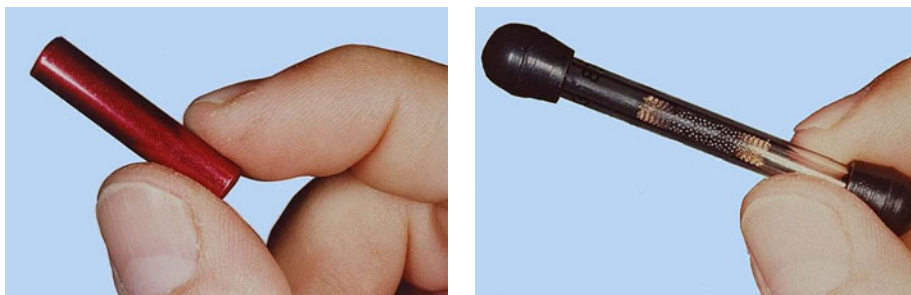
Målingerne af ventilationen i de seks udvalgte lejligheder er foretaget ved hjælp af passiv sporgasteknik, den såkaldte PFT-metode. PFT står for *Perfluorcarbon Tracer* – de anvendte sporgastyper er perfluorcarboner, som er organiske forbindelser af perfluoralkylcycloalkan-familien.

PFT-metoden er en sporgasmetode efter konstant-dosering princippet. Sporgas frigives kontinuert, med en kendt rate og passivt fra nogle små sporgaskilder. Registreringen af den gennemsnitlige sporgaskoncentration i rumluften sker ved passiv opsamling i adsorptionsrør.

En sporgaskilde består af et metalhylster ($l = 32$ mm, $d = 6,6$ mm) lukket med en silikoneprop, hvorigennem sporgassen diffunderer. Et adsorptionsrør består af et glasrør ($l = 64$ mm, $d = 6,4$ mm), som indeholder en adsorbent beslægtet med aktivt kul. Figur 25 viser en sporgaskilde og et adsorptionsrør. Adsorptionsrørene analyseres i laboratoriet ved termisk desorption og gaschromatografi.

Ét af særkenderne ved PFT-metoden er, at det på en enkel måde er muligt at bestemme ventilationen i en bygning eller en bolig, mens denne er i brugstilstanden. Det betyder, at det er den i praksis forekommende ventilation, som bestemmes, dvs. udelufttilførsel hidrørende fra et eventuelt mekanisk ventilationsanlæg, fra beboernes almindelige brug af boligen, herunder udluftning og åbning af døre og vinduer samt fra tilfældige utætheder i klimaskærmen.

Målinger med PFT-metoden gennemføres over en periode, og resultatet af målingen er den gennemsnitlige udelufttilførsel i måleperioden. Erfaringer viser, at ved måling i beboede boliger er en måleperiode på mellem én og to uger passende.



Figur 25. Passiv sporgaskilde (til venstre) og passivt adsorptionsrør (til højre) til PFT-metoden.

Det er med PFT-metoden muligt at anvende op til tre forskellige sporgas-typer samtidigt. En bygning eller en bolig kan derfor opdeles i zoner, så også interne luftudvekslinger mellem zonerne kan bestemmes. Det er dog en forudsætning, at bygningen eller boligen i ventilationsmæssig sammenhæng består af adskilte zoner. I denne undersøgelse har kun været anvendt én sporgastype. PFT-metoden findes nærmere beskrevet i *SBI-rapport 227* (Bergsøe, 1992).

Der er foretaget målinger af ventilationen i de seks lejligheder i to perioder; i december 2004 og i januar 2006. I hver af perioderne er målingerne i de seks lejligheder foretaget simultant.

Målingerne er gennemført ved, at SBI har opsat måleudstyret i lejlighederne. Samtidig med opsætningen udleveredes frakterede svarkuverter og en instruktion i nedtagning af udstyret. Beboerne blev anmodet om at nedtage udstyret og returnere dette ca. 1 uge efter opsætningen. Der stilles visse krav til håndtering af udstyret i forbindelse med nedtagning og returnering, men SBI har gennem andre undersøgelser erfaret, at proceduren med at lade beboerne nedtage og returnere udstyret kun i få tilfælde slår fejl. Der er efter alt at dømme ikke sket fejl i denne undersøgelse.

Resultater

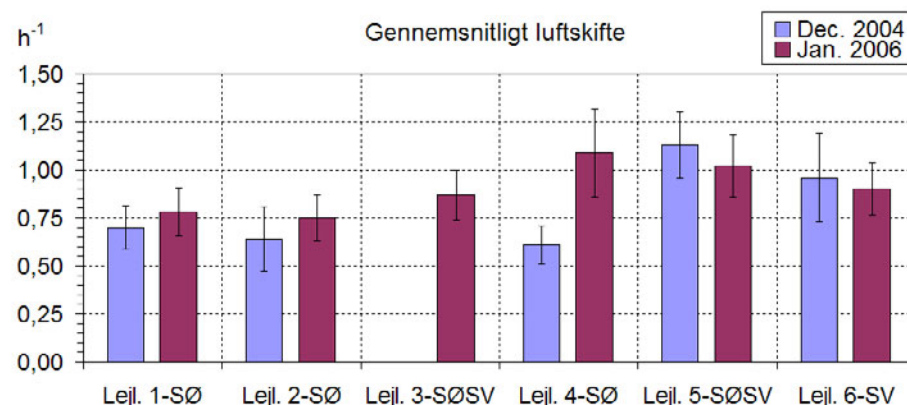
Resultaterne af ventilationsmålingerne er sammenfattet i tabel 3 og figur 26 nedenfor. Bilag B: Ventilationsmålinger, side 58 indeholder PFT-resultatskemaer for hver enkelt PFT-måling.

Der savnes resultater fra den første måling i lejlighed 3-SØSV. Årsagen er, at beboerne var bortrejst på måletidspunktet.

Tabel 3. Resultater af ventilationsmålinger.

	Gennemsnitligt luftskifte [h^{-1}] \pm SD ¹	
	December 2004	Januar 2006
Lejlighed 1-SØ	0,70 \pm 0,11	0,78 \pm 0,12
Lejlighed 2-SØ	0,64 \pm 0,17	0,75 \pm 0,12
Lejlighed 3-SØSV		0,87 \pm 0,13
Lejlighed 4-SØ	0,61 \pm 0,10	1,09 \pm 0,23
Lejlighed 5-SØSV	1,13 \pm 0,17	1,02 \pm 0,16
Lejlighed 6-SV	0,96 \pm 0,23	0,90 \pm 0,14

¹ SD: Standard Deviation = Standardafvigelse. Ved PFT-metoden anvendes standardafvigelsen som udtryk for usikkerheden på bestemmelsen af det gennemsnitlige luftskifte.



Figur 26. Resultater af ventilationsmålinger. Gennemsnitligt luftskifte og standardafvigelse.

Vurderinger

I grove træk er bygningsreglementets krav til ventilationen i etageboliger, at der skal være mekanisk udsugning; at udsugningen skal ske i køkken og i bade- og wc-rum; at udsugningen i køkkenet skal ske gennem emhætte og at den samlede udsugede volumenstrøm skal være mindst 35 l/s fordelt med mindst 20 l/s fra køkken og mindst 15 l/s fra bade- og wc-rum.

Udsugningen modsvares af en tilsvarende udelufttilførsel fordelt over lejlighedens beboelsesrum, idet bygningsreglementet foreskriver udeluftventiler (eller mekanisk indblæsning) i beboelsesrummene.

Ventilationen skal være til stede i benyttelsestiden. Ifølge bygningsreglementet anses boliger normalt for at være benyttet døgnet rundt, hvilket indebærer, at den mekaniske udsugning skal være i permanent drift.

Af praktiske årsager sættes den udsugede volumenstrøm – eller den tilførte udeluft – ofte i forhold til lejlighedens nettovolumen, hvorved begrebet luftskifte opnås. Luftskiftet har enheden h^{-1} , dvs. gange pr. time. Enheden passer ikke til SI-systemet, og samtidig kan luftskiftet begrebet være årsag til mistolkninger. Fx er et luftskifte på eksempelvis 1 h^{-1} ikke ensbetydende med, at al luften i en lejlighed udskiftes i løbet af en time. Luftskiftet udtrykker, at lejligheden i løbet af én time tilføres en luftmængde, der svarer til lejlighedens nettovolumen. Med BR08 er luftskiftet begrebet udgået af kravteksten, men da det som nævnt er et praktisk og ofte anvendt begreb, anvendes det her.

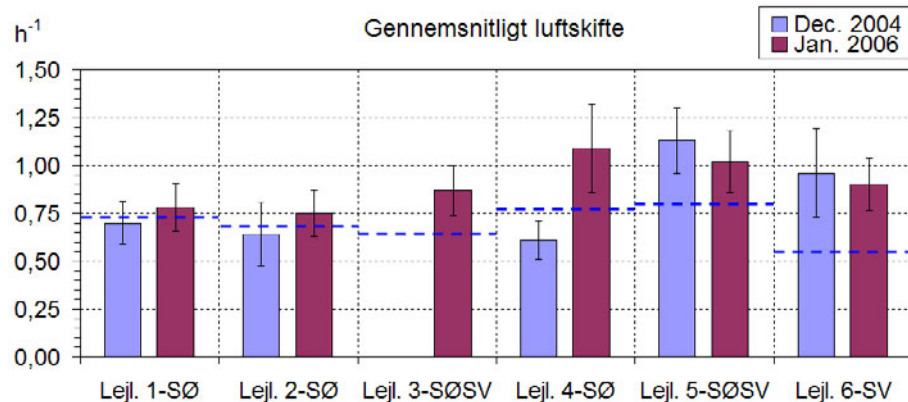
Tabel 3 og figur 26 viser resultaterne af ventilationsmålingerne. Det fremgår, at med undtagelse af målingerne i lejlighed 4-SØ er der for den enkelte lejlighed ikke signifikant forskel på resultatet af den første og den anden måling. Endvidere ses det, at der ikke er forskel på ventilationen i lejlighederne 1-SØ og 2-SØ. Af figur 12, side 19 fremgår det, at de to lejligheder er omtrent ens i udformning og med samme orientering af de oplukkelige glaspartier. Det samme gælder lejligheden 4-SØ. For sidstnævnte lejlighed er der derfor grund til at antage, at den første måling er typisk, mens den anden måling med et luftskifte på $1,09 \text{ h}^{-1}$ afviger.

I afsnittet Temperatur og relativ fugtighed er det diskuteret, at lejlighederne 3-SØSV og 5-SØSV, som har glaspartier mod både sydøst og sydvest, er mere solbelastede end de øvrige lejligheder. Beboerne i disse lejligheder anfører problemer med høje rumtemperaturer. Én metode til at nedbringe rumtemperaturen er at forøge ventilationen, og selv om målingerne af lejlighedernes ventilation er foretaget i en opvarmningsperiode, kan de forholdsvis høje luftskifter afspejle temperaturproblemer.

Temperaturmålingerne i lejligheden 6-SV viser de laveste temperaturer af de seks lejligheder, hvilket kan være et resultat af velfungerende tværventilation med høje luftskifter, henholdsvis $0,96 \text{ h}^{-1}$ og $0,90 \text{ h}^{-1}$ i de to måleperioder. Oversigtsplanen i figur 12, side 19 kunne give anledning til at formode, at arbejdsværelset er lidt sværere at tværventilere, og det forklarer de noget højere temperaturer i netop dette værelse.

Et ofte anvendt mål for den nødvendige basisventilation i boliger er $0,35 \text{ l/s pr. m}^2$ nettoareal, og det er også denne formulering, der er indført i kravteksten i BR08. I boliger med normal rumhøjde svarer denne ventilation til, at den tilførte udeluftmængde udgør ca. halvdelen af boligens nettorumfang, dvs. et luftskifte på $0,5 \text{ h}^{-1}$. Af tabel 3 og figur 26 ovenfor ses, at luftskiftet i de undersøgte lejligheder er en del højere end $0,5 \text{ h}^{-1}$. Årsagen kan som nævnt være et behov for forøget ventilation med henblik på nedbringelse af rumtemperaturen.

Ventilationen i boliger kan almindeligvis betragtes som bestående af tre bidrag: Systembidraget, som er det bidrag til ventilationen, som selve det installerede ventilationssystem er ansvarlig for, det brugerbetingede bidrag, som er det bidrag til ventilationen, som hidrører fra beboernes brug af boligen, dvs. åbning af døre og vinduer herunder udluftning ved vinduesåbning og endelig det bidrag til ventilationen, som skyldes tilfældige utætheder i klimaskærmen i form af revner og sprækker.



Figur 27. Resultater af ventilationsmålinger. Gennemsnitligt luftskifte og standardafvigelse. De punkterede, blå linjer angiver det luftskifte, som en mekanisk udsugning på i alt 35 l/s, svarende til bygningsreglementets minimumskrav, vil give anledning til.

Målingerne med PFT-metoden er gennemført over en periode på ca. 8 dage, og hvert af resultaterne er således udtryk for den gennemsnitlige udelufttilførsel i perioden. Desuden er målingerne gennemført, mens lejlighederne har været i almindelig brug. Måleresultaterne indbefatter derfor alle de tre ovennævnte bidrag til ventilationen, og målingerne giver således et reelt udtryk for den i praksis forekommende udelufttilførsel.

Der er ikke i denne undersøgelse foretaget måling af størrelsen af den mekaniske udsugning i lejlighederne, men antages det, at den svarer til bygningsreglementets mindstekrav, dvs. 20 l/s fra køkken og 15 l/s fra bade- og wc-rum (i alt 35 l/s), fås luftskifter som angivet ved de punkterede, blå linjer i figur 27 ovenfor. Figuren svarer til figur 26 med linjerne indtegnet.

Det fremgår af figuren, at i lejlighederne 3-SØSV, 5-SØSV og 6-SV er det målte luftskifte noget over det, som den mekaniske udsugning kan give anledning til. I lejlighederne 1-SØ og 2-SØ er ventilationen målt til at være på niveau med den mekaniske udsugning, og antages det, at den første måling i lejlighed 4-SØ er typisk, er luftskiftet her lidt under det, som burde være et resultat af bygningsreglementets mindstekrav til udsugning. Det må forventes, at såvel det brugerbetingede bidrag til ventilationen som det bidrag, der hidrører fra tilfældige utætheder i klimaskærmen, har en vis størrelse, og samlet set antyder resultaterne, at den mekaniske udsugning i lejlighederne kan være i underkanten af reglementets krav.

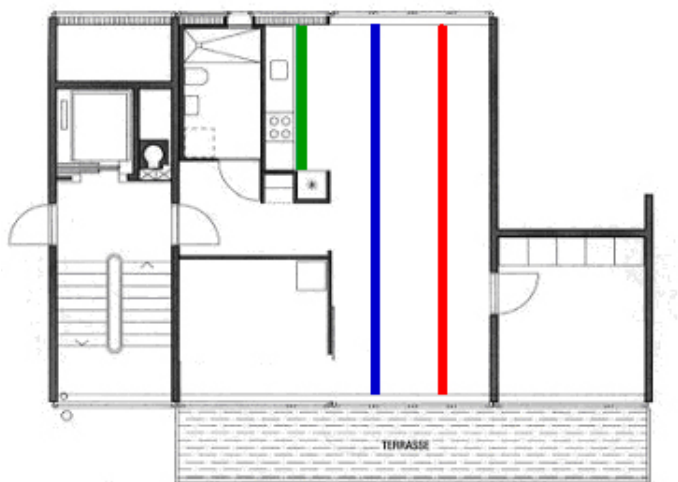
Dagslysfaktor

Metode

Målingerne af dagslysfaktorer er foretaget ved hjælp af 2 stk. Hagner luxmetre henholdsvis model E2 og model E4-X. Vandret måleplan var 0,85 m over gulv.

Som følge af at det ikke var muligt at anbringe udendørssensoren (model E2) på taget, og på grund af afstandene til omkringliggende beboelsesbygninger var det nødvendigt at forsyne udendørssensoren med en afskærmning bestående af en skærm og en glaskuppel. Skærmen bevirker, at sensoren "betragter" en kvart himmelkugle i stedet for en halv himmelkugle. Glasset afskærmer sensoren mod udeklimaet. Anvendelse af afskærmning og glaskuppel medfører, at udendørsmålingerne må korrigeres ved at multiplicere med faktoren 2,1.

Der er målt dagslysfaktorer i lejligheden 4-SØ, og der er målt i to linjer gående fra vinduessiden mod gården (nordvest) til glaspartiet mod Bogholder Allé (sydøst). Endvidere er der målt i en linje langs køkkenbordet dvs. ved siden af vinduet mod gården. De tre parallelle målelinjer er markeret i figur 28. Målingerne er foretaget den 26. juni 2006.



Figur 28. De tre farvede linjer angiver de tre målelinjer.

Resultater

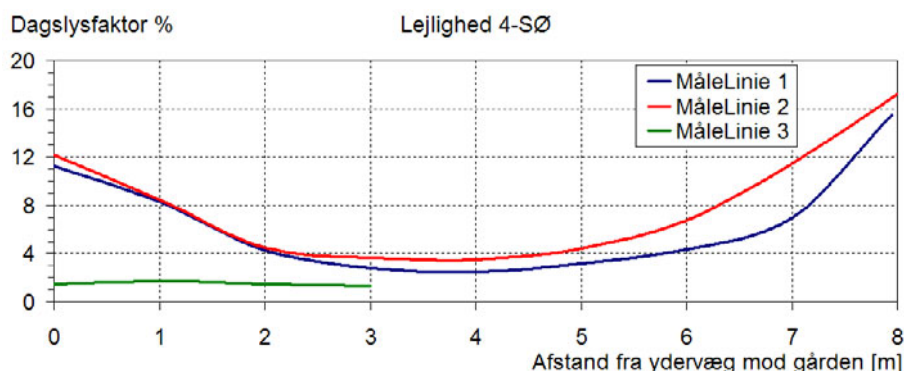
I de to målelinjer gående gennem stuen fra facade til facade er der målt dagslysfaktorer på henholdsvis 11,2 procent og 12,2 procent ved vinduet mod gården og henholdsvis 15,5 procent og 17,2 procent ved glaspartiet mod Bogholder Allé. Centralt i rummet er der målt dagslysfaktorer på henholdsvis 2,5 procent og 3,5 procent. I målelinjen langs køkkenbordet er dagslysfaktoren målt til ca. 1,5 procent i gennemsnit. Figur 29 viser måleresultaterne.

Vurderinger

Bygningsreglementet stiller krav om, at der skal være tilfredsstillende lysforhold og tilfredsstillende dagslysforhold i forskellige rum i bygninger. Når det gælder arbejdsrum, opstiller både bygningsreglementet og Arbejdstilsynet regler for, hvordan og under hvilke omstændigheder dagslysforholdene i almindelighed kan anses for tilfredsstillende. Derimod er der ikke konkrete regler for dagslysforholdene i beboelsesrum.

Et vindues eller et glaspartis størrelse, placering og form har stor indflydelse på den tilførte mængde af dagslys, fordelingen af lyset i rummet samt lysets evne til at gengive formen af rummet og objekterne i rummet.

Belysningsstyrken aftager meget hurtigt med afstanden til vinduet eller glaspartiet, og belysningsstyrken fra dagslyset varierer kraftigt fra det ene øjeblik til det næste. Derfor giver den øjeblikkelige belysningsstyrke ikke et retvisende billede af, hvor meget dagslys rummet modtager over et helt år.



Figur 29. Dagslysfaktorer målt i lejligheden 4-SØ. X-aksen viser afstanden fra ydervæggen mod gården; afstanden 8 m fra ydervæg mod gården svarer til glaspartiet mod Bogholder Allé. Figur 28 viser målelinjernes placering i lejligheden.

Som et mere generelt mål for hvor meget dagslys der er i et punkt af rummet, benyttes forholdet mellem belysningsstyrken i punktet og den samtidige belysningsstyrke på en vandret flade i det fri. Når der ses bort fra direkte solstråling, er dette forhold konstant, og det betegnes dagslysfaktoren, DF .

Tages udgangspunkt i de regler, som gælder dagslysforhold i arbejdsrum, kan dagslysforholdene i stuen i lejligheden 4-SØ betegnes som meget tilfredsstillende. Bygningsreglementet anfører, at dagslyset kan anses for at være tilstrækkeligt, når det kan eftervises, at der ved arbejdspladserne er en dagslysfaktor på 2 procent. Ved disse målinger er der centralt i stuen midt mellem glaspartierne målt dagslysfaktorer på henholdsvis 2,5 procent og 3,5 procent.

Ved køkkensektionen (den grønne målelinje) er der i gennemsnit målt en dagslysfaktor på 1,5 procent. Den lavere værdi i forhold til de to øvrige målelinjer skyldes manglende direkte adgang til dagslys i denne målelinje.

Årsagen til forskelle i resultaterne i de to målelinjer gennem stuen er linjernes forskellige placering i rummet i forhold til indvendige vægge, møbler, gardiner etc. Forskelle i måleresultater ved facaderne skyldes, at udendørs-sensoren af nødvendighed var monteret på en sådan måde, at den "betragtede" en kvart himmelkugle parallelt med facaden mod Bogholder Allé i stedet for ideelt at "betragte" en halv himmelkugle på vandret.

I arbejdsrum kan dagslyset ligeledes anses for at være tilstrækkeligt, når rudearealet svarer til mindst 10 procent af gulvarealet. Det samlede rudeareal i stuen udgør over 30 procent af gulvarealet.

På basis af erfaringer er almindelige anbefalinger til forholdet mellem rumhøjde og rumdybde i boliger, for at der kan opnås gode dagslysforhold, at ved en rumhøjde på 2,3-2,5 m og vindue i den ene ende af rummet, vil en rumdybde på ca. 4 m kunne accepteres. Erfaringstallene kan overføres til gennemlyste rum og rum med større rumhøjde. I lejligheden 4-SØ er rumhøjden over normal rumhøjde, rummet er gennemlyst og glaspartierne er væsentlig større end typiske vinduer i boliger.

Måling af U-værdier

U-værdien for en rude angiver, hvor stor en varmemængde der strømmer gennem 1 m² af ruden, når der er en temperaturforskel på 1 °C mellem rudens to sider. Varmemængde måles i W, og enheden for U-værdien er derfor W/m²K. U-værdier benyttes ikke blot ved ruder, men ved alle flader fx ydervægge, tage, terrændæk etc. og jo lavere U-værdien er, desto mindre er varmetabet gennem fladen. U-værdien betegnes også transmissionskoefficienten.

Metode

U-værdimålingerne er foretaget ved hjælp af et apparat, som på måletidspunktet endnu var under udvikling og derfor på prototypestadiet. En unik egenskab ved apparatet er, at det er transportabelt, hvorved det er muligt at bestemme U-værdier på stedet. Hidtil har en forudsætning for bestemmelse af en konstruktionsdels U-værdi været, at konstruktionsdelen blev transporteret til et laboratorium for at blive monteret i en til formålet indrettet forsøgsopstilling. Det er derfor ikke almindeligt at bestemme U-værdier for konstruktionsdele i eksisterende byggeri. Apparatet, som er anvendt i denne undersøgelse, er udviklet af Lars Schiøtt Sørensen, HT-Meter ApS.

Der er foretaget måling af U-værdier på udvalgte vinduer i to af lejlighederne; 4-SØ og 3-SØSV. I lejligheden 4-SØ er der målt på to vinduer, og i begge tilfælde centralt på ruden. Med det formål at undersøge randprofilens indvirkning på U-værdien er der ved det ene vindue desuden foretaget en måling ude ved kanten af ruden. I lejligheden 3-SØSV er der målt på ét vindue og centralt på ruden. Målingerne er foretaget den 14. december 2005.

Resultater

I hvert målepunkt er U-værdien bestemt som middelværdien af tre på hinanden følgende målinger. Tabel 4 viser målingerne og middelværdierne.

Tabel 4. U-værdier målt på to vinduer i lejligheden 4-SØ og et vindue i lejligheden 3-SØSV.

	Lejl. 4-SØ			Lejl. 3-SØSV
	Vindue 1, center [W/m ² K]	Vindue 1, v. ramme [W/m ² K]	Vindue 2 [W/m ² K]	Vindue 1 [W/m ² K]
Måling 1	1,37	1,43	1,33	1,50
Måling 2	1,36	1,29	1,35	1,36
Måling 3	1,27	1,40	1,29	1,38
Middelværdi	1,33	1,37	1,32	1,41



Figur 30. Apparat til måling af U-værdier på stedet.

Vurderinger

Det benyttede apparatet var ikke fuldstændig færdigudviklet, og der var således endnu ikke gennemført verificerede afprøvninger eller beregninger, som kunne fastlægge måleusikkerheder. I stedet blev det valgt at anvende gennemsnittet af tre på hinanden følgende målinger som udtryk for resultatet af en måling.

Af de målinger, der er foretaget centralt på ruderne, adskiller den første måling på vinduet i lejlighed 3-SØSV sig lidt (1,5 W/m²K). Middelværdien af de øvrige målinger viser en U-værdi for ruderne på ca. 1,35 W/m²K. Resultatet lever ikke op til de forudsætninger, som blev anvendt som grundlag for beregningerne i *By og Byg Resultater 030* (Engelund Thomsen et al., 2003). I rapporten er anvendt en U-værdi for ruden på 1,1 W/m²K, mens den samlede U-værdi for vindueskonstruktionerne er sat til mellem 1,3 og 1,7 W/m²K afhængig af størrelsen.

Målingen nær rammen på vindue 1 i lejlighed 4-SØ viser en middelværdi på 1,37 W/m²K. Værdien adskiller sig ikke markant fra middelværdien af målingerne foretaget centralt på ruderne. Såfremt måling 2 (1,29 W/m²K) ekskluderes, fås en middelværdi på 1,42 W/m²K, som sammenholdt med middelværdien på 1,35 W/m²K målt centralt på ruderne forekommer realistisk.

Sammenfattende viser målingerne af U-værdier efter alt at dømme plausible resultater, men det må erindres, at apparatet ikke var færdigudviklet, og at usikkerheden på målinger med apparatet endnu ikke var verificeret.

Aflæsning af målere

Metode

Af både praktiske og økonomiske årsager var det oprindelig planlagt, at beboerne selv skulle foretage jævnlige aflæsninger af lejlighedens el-, vand- og varmemålere. Navnlig vand- og varmemålerne var imidlertid vanskelige at aflæse dels på grund af uhensigtsmæssig placering, se eksempel på målerplacering i figur 31 nedenfor, dels fordi hverken betjening eller aflæsning var umiddelbart intuitiv. Målerne blev derfor aflæst med 2-3 måneders mellemrum af SBI's teknikere.

Der har været beretninger om eksempler på, at vand- og varmemålernes driftssikkerhed ikke fuldstændig levede op til forventningerne. Beretningerne gælder især perioden umiddelbart efter, at bebyggelsen stod færdig til indflytning. I forbindelse med nærværende undersøgelse har der ikke været grund til at antage, at målerne ikke har fungeret efter hensigten i aflæsningsperioden. Aflæsningerne anses derfor for at være pålidelige.

Resultater

Tabel 5 sammenfatter aflæsninger af lejlighedernes el-, vand- og varmemålere. Aflæsningerne omfatter perioden december 2005 til december 2006, dvs. i realiteten året 2006.

Der er stor usikkerhed forbundet med at estimere forbruget for hele beboelsesejendommen på basis af aflæsninger i seks lejligheder. Med assistance fra Boligforeningen 3B har SBI derfor opnået adgang til boligforeningens internetbaserede energiledelsessystem "Agenda2100". Her registreres forbrug af el, vand og varme i alle foreningens ejendomme. Registreringerne sker enten automatisk ved hjælp af EnergyGuard eller ved manuel måler-aflæsning. Tabel 6 nedenfor viser registreringerne i "Agenda2100" for året 2006.



Figur 31. Typisk eksempel på placering af vand- og varmemåler i køkkenskab under køkkenvask.



Figur 32. Typisk eksempel på placering af elmåler i entreen.



Tabel 5. Aflæst forbrug af koldt og varmt brugsvand, varme og el i perioden dec. 2005 til dec. 2006.

Lejl.	Koldt brugsvand [m ³ /år]	Varmt brugsvand [m ³ /år]	Varme (ekskl. varmt brugsvand) [kWh/m ²] pr. år	Elforbrug [kWh/m ²] pr. år
1-SØ	51,3	11,4	56,6	30,3
2-SØ	16,2	4,8	65,3	13,6
3-SØSV	18,1	11,4	48,5	12,2
4-SØ	17,1	5,7	46,5	19,2
5-SØSV	68,4	19,0	96,4	33,7
6-SV	50,9	21,1	70,0	22,4
Middel	37,0	12,2	63,9	21,9

Tabel 6. Data ifølge www.agenda2100.dk, KSB, Blækhuset. Tal i parentes er baseret på 24 lejligheder og et samlet areal 2888 m².

2006	
Koldt brugsvand	1698 m ³ (~ 71 m ³ /lejl. pr. år)
Varmt brugsvand	551 m ³ (~ 23 m ³ /lejl. pr. år)
Varme	250 MWh (~ 87 kWh/m ² pr. år)
Elforbrug	29 MWh (~ 10 kWh/m ² pr. år)

Vurderinger

Af tabel 5 ses, at der forekommer nogen variation i de aflæste forbrug. Eksempelvis er forbruget af koldt brugsvand aflæst til at være 16,2 m³/år i lejligheden 2-SØ, mens forbruget er aflæst til at være 68,4 m³/år i lejligheden 5-SØSV, dvs. ca. en faktor 4 i forskel. Forbruget af varmt brugsvand viser ligeledes ca. en faktor 4 i forskel mellem det største forbrug, som forekommer i lejligheden 6-SV, og det mindste, som er i lejligheden 2-SØ. Generelt har lejlighederne 1-SØ, 5-SØSV og 6-SV de højeste forbrug, mens lejlighederne 2-SØ, 3-SØSV og 4-SØ har de laveste. Den eneste afvigelse herfra er varmekonsumet i lejligheden 2-SØ, som er højt.

Tabel 6 viser data fra Boligforeningen 3B's internetbaserede energiledelsessystem "Agenda2100". Dataene indbefatter forbrugsdata fra ejendommens fællesrum. Ved sammenligning med tabel 5 fremgår det, at selvom de seks undersøgte lejligheder udgør 25 procent af bebyggelsens lejligheder, ville det have været usikkert at basere et estimat af bebyggelsens samlede forbrug på ekstrapolation af aflæsningerne i de seks lejligheder.

De konstaterede forbrugsdata er i øvrigt vurderet i forbindelse med beregningerne, som er vist i kapitlet Energiforhold, side 41.

Beboerinterviews

Metode

Til støtte for vurdering af navnlig temperatur-, ventilations- og dagslysmålingerne er der på baggrund af et interviewskema gennemført strukturerede samtaler med beboerne.

Samtalerne er gennemført individuelt, og samtalerne har drejet sig om beboernes mening om bebyggelsen og lejligheden generelt, om beboernes brug af lejligheden og om beboernes vurdering af indeklimaforholdene, med fokus på temperatur, ventilation og lys. Et centralt punkt i samtalerne har været de karakteristiske rumhøje, oplukkelige glaspartier, som må antages at have en særlig indflydelse på blandt andet rumtemperaturer, ventilations- og lysforhold.

Resultater

Med henblik på at sikre beboernes anonymitet er resultaterne af samtalerne gengivet nedenfor uden henvisninger til specifikke lejligheder.

I tre af de udvalgte lejligheder bor der én person i hver, og i de tre andre lejligheder bor der to personer i hver; alle voksne.

Brugstid

Lejlighederne er reelt i brug døgnet rundt og alle ugens dage. Hver for sig oplyser beboerne, at deres lejlighed er tom i højst 2 timer pr. døgn både på hverdage og i weekenden. Én beboer oplyser, at det er almindeligt, at lejligheden er tom en del af sommerperioden.

Varmeregulering

Samtlige adspurgte beboere svarer benægtende på en række spørgsmål om periodevis nedregulering af varmen i soverum og stue i opvarmningsperioden.

Enkelte beboerne supplerer deres svar med kommentarer om, at rumtemperaturen i soverummet kan være (for) lav om vinteren, men de fleste beboere tilføjer, at i sommerperioden er rumtemperaturen i soverummet ofte for høj.

Dug

Det overordnede billede for alle de undersøgte lejligheder er, at det ikke er almindeligt, at der forekommer indvendig dug på ruderne. I blot én lejlighed har beboerne registreret, at der nu og da kan forekomme dug på ruderne i soverummet.

Luftkvalitet

Til generelle spørgsmål om indeklimaet i lejlighederne svarer beboerne, at luftkvaliteten typisk kan karakteriseres som frisk eller almindelig.

Én beboer udtaler, at luftkvaliteten kan forekomme indelukket, hvis der ikke foretages regelmæssige udluftninger ved åbning af vinduer. Mens samtalen er om indeklimaet, udtaler samme beboer, at der overraskende hurtigt bliver støvet i lejligheden.

En anden beboer udtaler, at luften i lejligheden fornemmes meget tør.

Udluftning

På spørgsmål vedrørende udluftningsbehov og udluftningsmønster svarer beboerne generelt, at de foretager daglige udluftninger af hensyn til almindelig hygiejne. Beboerne i to af lejlighederne tillægger, at om sommeren er det helt nødvendigt, at vinduerne åbnes/står åbne for at modvirke for høj temperatur i rummene. Beboerne i den ene af disse lejligheder foretager kortvarige udluftninger (nogle få minutter ad gangen) flere gange dagligt, mens beboerne i den anden lejlighed oplyser, at de udlufter i længerevarende perioder (mere end 15 minutter ad gangen) flere gange om dagen. I begge de nævnte lejligheder er vinduet i soverummet permanent på klem. I de andre lejligheder, hvor der ikke i tilknytning til udluftning udtrykkes problemer med for høj temperatur, foretages længerevarende udluftning (mere end 15 minutter ad gangen) få gange dagligt.

Emhætte

Samtlige beboere oplyser, at de konsekvent benytter emhætten under madlavning. Beboerne i én lejlighed oplyser, at de ikke laver varm mad hver dag, men de øvrige beboere oplyser, at de laver mad hver dag og derfor anvender emhætten dagligt.

Tøjtørring

Tørring af vasketøj sker på forskellig måde i de forskellige lejligheder (uden dørs, i badeværelset, ved hjælp af tørretumbler), men i ingen af lejlighederne tørres der vasketøj i beboelsesrummene.

Pudsealtaner

Pudsealtanerne anvendes i stor udstrækning som traditionelle altaner, se fx figur 5 side 12 og figur 6 side 13. Beboerne i én af lejlighederne udtaler, at stålristerne i bunden af pudsealtanerne er ubehagelige at opholde sig på.

Rumhøje, oplukkelige glaspartier

De rumhøje, oplukkelige glaspartier er karakteristiske for bebyggelsen, og under samtalerne med beboerne er der stillet en række spørgsmål med henblik på at belyse beboernes vurdering af glaspartierne ud fra flere forskellige aspekter.

• *Dagslys*

Beboerne i de undersøgte lejligheder udtrykker samstemmende, at glaspartierne er årsag til, at der er *rigtig meget* lys i lejligheden. I udtalelserne ligger en undertone af *for meget* lys, men beboerne i to af lejlighederne understreger, at de ikke betragter det meget lys som et problem.

• *Rumtemperatur*

Alle adspurgte beboerne mener, at glaspartierne er årsag til, at der ofte, navnlig i sommerperioden, er meget varmt i lejlighederne.

Beboerne i én af lejlighederne udtrykker stor tilfredshed med dagslysforholdene, og de gode dagslysforhold kompenserer for de ind i mellem utilfredsstillende høje rumtemperaturer.

I undersøgelsen indgår to SØSV-lejligheder dvs. lejligheder med store glaspartier vendende såvel mod sydøst som mod sydvest. Beboerne i den ene af de to SØSV-lejligheder anfører, at problemerne med for høje rumtemperaturer er mest udtalt i de rum, der vender mod sydøst, dvs. mod Bogholder Allé. Beboerne her ville foretrække, at der i disse rum var mindre og mere traditionelle vinduer.

• *Ventilation, udeluftventiler*

I alle glaspartier er der monteret udeluftventiler i den øverste del af rammen, se figur 33.

De fleste beboere oplyser, at de er klar over, hvilken funktion udeluftventilerne i glaspartierne har, og hvordan ventilerne bør benyttes. Udeluftventilerne betragtes som en udmærket foranstaltning, og beboerne benytter så vidt muligt ventilerne efter hensigten. I nogle lejligheder er ventilerne permanent åbne, med mindre det er særligt koldt eller blæsende.

Flere beboere nævner imidlertid én væsentlig årsag til, at ventilerne i de fleste tilfælde alligevel ikke benyttes som tiltænkt: Ventilerne sidder alt for højt; det er en umulighed at betjene ventilerne fra gulvet.

Når udeluftventilerne ikke er nemme og enkle at betjene, er der risiko for, at ventilerne er lukkede i en længere periode end nødvendigt, fx hvis de er blevet lukket i forbindelse med særligt blæsende vejr.

Beboerne i en anden lejlighed nævner, at det ofte forekommer, at der er støj fra ventilerne, når de er åbne (ventilerne hyler). Derfor holder beboerne som regel ventilerne lukkede.

Ingen af de adspurgte beboere anfører træk fra udeluftventilerne som årsag til, at ventilerne ikke benyttes.

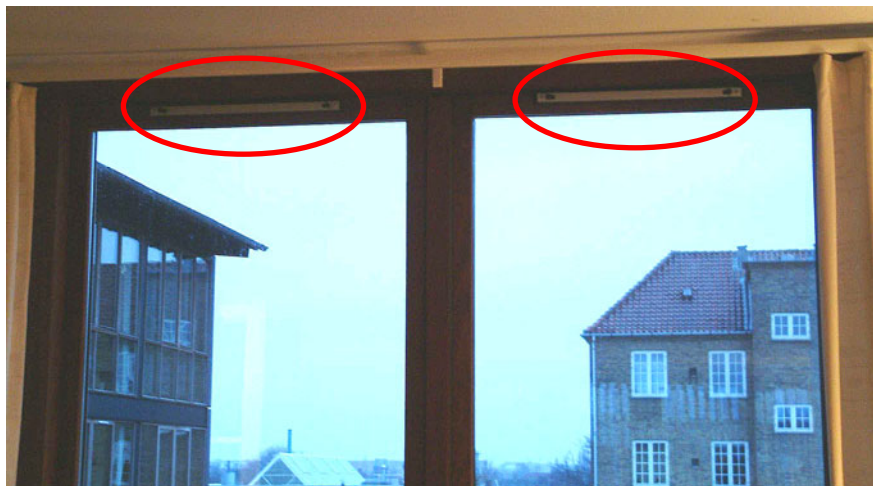
• *Utætheder*

Der er varierende meninger blandt beboerne om, hvorvidt glaspartierne og eventuelle utætheder ved disse er årsag til trækproblemer.

Beboerne i én af lejlighederne oplyser, at de føler sig generet af træk, og at problemet flere gange er forsøgt afhjulpet, men endnu er det uløst.

Beboerne i en anden lejlighed har tidligere været generet af træk fra utætte glaspartier, men problemerne er efterhånden ved at være afhjulpet. Samme beboere nævner samtidig, at der på grund af utætheder ved glaspartierne trænger vand ind, når det regner, se figur 34.

De øvrige beboere udtaler, at de ikke har oplevet problemer med utætheder ved glaspartierne, og at de ikke er generet af træk. Det er dog ikke ensbetydende med, at der ikke har været andre problemer med glaspartierne, se afsnittet Andre kommentarer til glaspartierne nedenfor.



Figur 33. Udeluftventiler i glaspartierne.

- **Gardiner**

Der forekommer mange forskellige slags gardiner i lejlighederne.

Én af begrundelserne for anvendelse af tynde, lyse gardiner er, at de er velegnede som solafskærmning. Gardiner, der dækker den nederste del af glaspartierne, og lamelgardiner anvendes i mange tilfælde for at modvirke indkig. Beboerne i én af lejlighederne nævner, at de rumhøje glaspartier gør, at indkig er et problem. De øvrige adspurgte beboere ser imidlertid ikke indkig som et problem af betydning.

- **Andre kommentarer til glaspartierne**

Beboerne i én lejlighed anfører, at det ikke er muligt at benytte stuen helt op til glaspartierne. En entydig årsag gives ikke, men både lys- og trækgener nævnes.

Beboerne i en anden lejlighed udtaler, at "...de store glaspartier er for store". Bortset fra at anse indkig for at være et problem, giver beboerne ikke udtryk for at have specielt dårlige erfaringer med de rumhøje glaspartier.

Yderpunkterne i anvendelsen af det specialudviklede foldedørs-system er, at én beboer udtaler, at når vejret tillader anvendes foldedørs-systemet hyppigt, mens en anden beboer udtaler, at foldedørs-systemet trods alt anvendes, men det er yderst sjældent. Pudsealtanerne anvendes i bred udstrækning, men fuld udnyttelse af foldedørs-systemet afhænger af vejret

Flere beboere anfører, at der generelt har været/er problemer forbundet med vinduerne og glaspartierne. For beboerne i én af lejlighederne er det et problem, at foldedørs-systemet binder så voldsomt om vinteren, at det ikke er muligt at åbne dørene. Om sommeren er der derimod ingen problemer.



Figur 34. Eksempel på spor efter vandindtrængen på grund af utæthed ved glaspartierne.

Energiforhold

Ejendommens energibehov er beregnet i overensstemmelse med metoden beskrevet i *SBI-anvisning 213* (Aggerholm & Grau, 2008) og ved anvendelse af beregningsprogrammet *Be06* (Aggerholm & Grau, 2008). Metoden er udviklet i henhold til DS/EN 13790:2008 (Dansk Standard, 2008) og anvisning og beregningsprogram benyttes til dokumentation af, at en bygning overholder energirammen i henhold til bygningsreglementets energibestemmelser.

Bygningsmodel til *Be06*

Til brug for beregninger med *Be06* er arealer taget fra plan- og snittegninger, analogt med beregningerne beskrevet i *By og Byg Resultater 030* (Engelund Thomsen et al., 2003). Det opvarmede etageareal er 2888 m² fordelt på 2297 m² boligareal og 591 m² vaskeri, fællesrum, boiler- og sikringsrum. Indetemperaturen er som udgangspunkt sat til 20 °C.

Varmekapaciteten for bygningen er sat til 120 Wh/m²K, svarende til en middeltung bygning (bærende betonvægge/søjler i underetage, lejligheds-skel i beton for boligetagerne samt generelt betondækelementer).

Der er ved beregningerne benyttet glasfoldedøre med en U-værdi for glasset på 1,1 W/m²K og en solvarmetransmittans på 0,63. Den totale beregnede U-værdi for vindues- og foldedørskonstruktionerne er mellem 1,3 W/m²K og 1,7 W/m²K afhængig af størrelse, glasareal osv. Arealmæssigt udgør vindues- og foldedørskonstruktionerne 37 procent af det opvarmede etageareal. Ca. 70 procent af det samlede vinduesareal er orienteret mod SØ og SV.

Den gennemsnitlige U-værdi er sat til 0,24 W/m²K for ydervæggene, 0,15 W/m²K for tagkonstruktionen og 0,20 W/m²K for terrændæk/gulv mod ude.

Der er mekanisk udsugning fra køkkener og badeværelser med en samlet udsugning på 35 l/s pr. lejlighed, svarende til 0,37 l/s pr. m². Det specifikke elforbrug til lufttransport (SEL-værdien) er sat til 0,44 kJ/m³. I den resterende del af bygningen antages naturlig ventilation på 0,3 l/s pr. m². Gældende for hele bygningen antages det, at der ved oplukning af vinduer i gennemsnit kan opnås en naturlig ventilation på maksimalt 0,9 l/s pr. m².

Energibehov

Energibehovet til opvarmning, ventilation og varmt brugsvand angives i enheden kWh/m² opvarmet etageareal pr. år. Med de valgte forudsætninger er energibehovet beregnet til 79,4 kWh/m² pr. år svarende til 102 procent af den tilladte energiramme, som for denne ejendom er 77,6 kWh/m² pr. år.

For at kunne opnå byggetilladelse i henhold til de nyeste regler, ville energibehovet altså skulle reduceres. Tabel 7 viser fordelingen af energibehovet for bygningen. Det fremgår af tabellen, at ca. 10 procent af energibehovet skyldes, at der opstår overtemperatur i bygningen. I henhold til beregningsmetoden, som anvendes i *Be06*, skal rumtemperaturer over 26 °C nedbringes ved fiktiv, energiforbrugende, mekanisk køling. Derfor undersøges mulighederne for at reducere antallet af timer med overtemperatur.

Tabel 7. Beregningsresultater fra Be06. Fordelingen af energibehovet for bygningen som den oprindeligt blev bygget.

Bidrag til energibehovet	Energibehov
	[kWh/m ² pr. år]
Rumopvarmning	50,0
Varmt brugsvand	15,9
El til bygningsdrift	6,0
Overtemperaturer i rum	7,5
Total	79,4

Overtemperaturer i bygningen kan undgås, som én mulighed blandt mange, ved at opsætte en effektiv solafskærmning. Derfor gennemføres beregning af energibehovet for det tilfælde, hvor der over alle vinduer opsættes automatisk styrede markiser. Tabel 8 viser resultatet af beregningen. Det fremgår, at brugen af markiser reducerer energibehovet til 77,5 kWh/m² pr. år, hvorved bygningen opfylder energirammen på 77,6 kWh/m² pr. år.

Opsætning af udvendig solafskærmning fx markiser over vinduerne er altså tilstrækkeligt til at opnå byggetilladelse i henhold til de nyeste regler.

Tabel 8. Beregningsresultater fra Be06. Fordelingen af energibehovet for bygningen efter opsætning af markiser over samtlige vinduer.

Bidrag til energibehovet	Energibehov
	[kWh/m ² pr. år]
Rumopvarmning	55,6
Varmt brugsvand	15,9
El til bygningsdrift	6,0
Overtemperaturer i rum	0,0
Total	77,5

I kapitlet Metoder, resultater og vurderinger er beskrevet de målinger, der er foretaget i udvalgte lejligheder. Det fremgår af måleresultaterne, at en række parametre ikke fuldstændig svarer til de antagelser, som er benyttet i forbindelse med den oprindelige beregning af energibehovet. Det er derfor relevant at gennemføre en ny beregning af energibehovet, hvor de faktisk målte parametre erstatter de teoretiske standardværdier. I det følgende beskrives kort, på hvilke områder beregningsmodellen justeres.

Oprindeligt er der antaget en center U-værdi for glasset i vinduerne på 1,10 W/m²K. Målinger på udvalgte vinduer viser imidlertid, at U-værdien snarere er ca. 1,35 W/m²K.

Varmtvandsforbruget i boliger antages normalt at være 250 l/m² pr. år, men i bebyggelsen er varmtvandsforbruget målt til 191 l/m² pr. år.

Ydelsen af den mekaniske udsugning er i den oprindelige beregning sat til 0,37 l/s pr. m² opvarmet etageareal. Målingerne har imidlertid vist, at ventilationen i praksis er noget større, og gennemsnittet for de undersøgte lejligheder er bestemt til ca. 0,50 l/s pr. m².

Indetemperaturen i lejlighederne er sat til 20 °C i Be06, men målingerne viser, at der generelt er varmere i lejlighederne. Gennemsnitstemperaturen i opvarmingsperioden (september-maj) kan på baggrund af målingerne sættes til ca. 22,5 °C. Der er ikke foretaget temperaturmålinger i fællesrummene, hvor temperaturen typisk vil være væsentligt lavere end i lejlighederne, og den gennemsnitlige indetemperatur for bygningen som helhed vurderes derfor til ca. 21 °C.

Tabel 9 viser, hvordan de forskellige ændrede parametre påvirker energibehovet for bygningen.

Tabel 9. Beregning af energibehov med Be06. Betydningen for det beregnede energibehov ved ændring af parametre i bygningsmodellen.

Parametre	Energibehov [kWh/m ² pr. år]
Oprindeligt beregnet energibehov	79,4
U-værdi for glas i vinduer forhøjet fra 1,10 \Rightarrow 1,35 W/m ² K	+ 4,9
Varmt brugsvandsforbrug reduceret fra 250 \Rightarrow 191 l/m ²	- 3,1
Ventilationsmængde forhøjet fra 0,37 \Rightarrow 0,50 l/s pr. m ²	+ 5,8
Gennemsnitlig indetemperatur forhøjet fra 20 \Rightarrow 21 °C	+ 6,9
Total	93,9

På baggrund af måleresultaterne kan det konkluderes, at energibehovet for bygningen vil være højere end oprindeligt beregnet, primært fordi beboernes brug af lejlighederne afviger fra de standardforudsætninger, som anvendes i Be06. Fordelingen af energibehovet er vist i tabel 10.

Tabel 10. Beregningsresultater fra Be06. Fordelingen af energibehovet for bygningen med ændringer på baggrund af målinger.

Bidrag til energibehovet	Energibehov [kWh/m ² pr. år]
Rumopvarmning	74,6
Varmt brugsvand	11,8
El til bygningsdrift	7,5
Overtemperaturer i rum	0,0
Total	93,9

Målingerne af energiforbruget i bygningen viser, at der i 2006 er brugt 250 MWh, hvilket svarer til ca. 87 kWh/m² pr. år. I beregningerne med Be06 er der ikke taget højde for de aktuelle vejrforhold i 2006 (udetemperatur og solstråling), men i stedet er benyttet de standardvejrdato, som indgår i beregningsprogrammet. Derudover er der en række andre parametre, som ikke er målt eller registreret, og hvor brugervanerne har en stor indflydelse på energibehovet.

Vurdering

Sammenfattende vurderes det, at der – alt taget i betragtning – er god overensstemmelse mellem det målte energiforbrug, ca. 87 kWh/m² pr. år, og det beregnede energibehov, som er vist i tabellerne.

Litteratur

Bergsøe, N. C. (1992). *Passiv sporgasmetode til ventilationsundersøgelser. Beskrivelse og analyse af PFT-metoden* (SBI-rapport 227). Hørsholm: Statens Byggeforskningsinstitut.

Johnsen, K., & Schmidt, H. (1993). *Højisolerede glashuse* (SBI-rapport 220). Hørsholm: Statens Byggeforskningsinstitut.

Harving, H., Korsgaard Jensen, J., Dahl, R. (1994). *Husstøvmideforekomst i boliger. Sammenhæng med boligventilation og luftfugtighed*. Ugeskrift for læger 156/8, 21. februar 1994. Videnskab og praksis.

Dansk Standard (1995): DS 474 Engelsk:1995 *Norm for specifikation af termisk indeklima*.

Miljø- og Energiministeriet. (1996). *Energi 21: Regeringens energihandlingsplan 1996*. København.

Wittchen, K. B., & Aggerholm, S. (1999). *Det højisolerede glashus. Egebjerggård, Ballerup* (SBI-rapport 317). Hørsholm: Statens Byggeforskningsinstitut.

Engelund Thomsen, K., Schmidt, H., & Aggerholm, S. (2001). *Højisolerede glaspartier i nye etageboliger* (By og Byg Resultater 010). Hørsholm: Statens Byggeforskningsinstitut.

Engelund Thomsen, K., Wittchen, K. B., & Friis, N. (2003). *Oplukkelig glasfacade i ny etagebolig. Bogholder Allé 28-32, Vanløse* (By og Byg Resultater 030). Hørsholm: Statens Byggeforskningsinstitut.

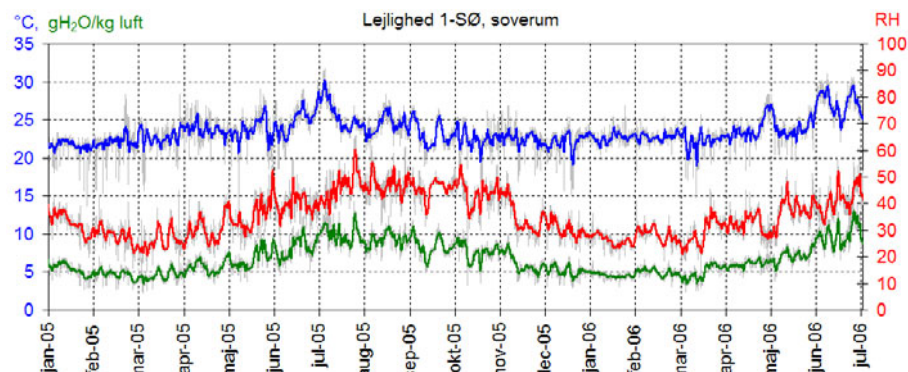
Fællesadministrationen 3B a.m.b.a. (2003): *Nyhedsbrev fra Fællesadministrationen 3B*, januar 2003.

Aggerholm, S., & Grau, K. (2008). *Bygningers energibehov* (SBI-anvisning 213). Hørsholm: Statens Byggeforskningsinstitut.

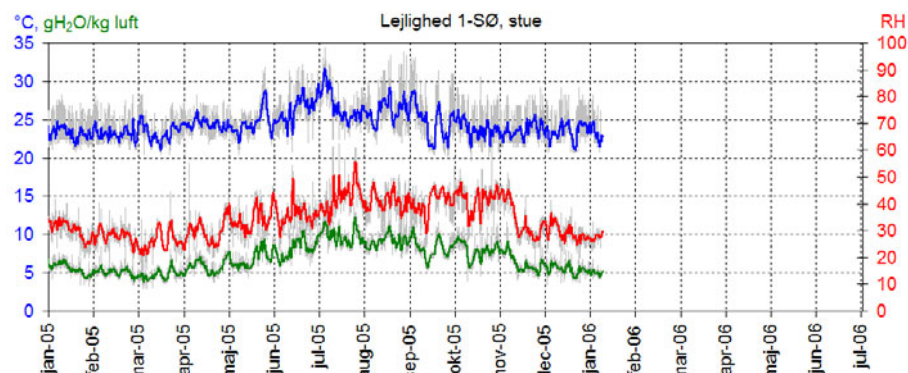
Dansk Standard (2008): DS/EN ISO 13790:2008 *Bygningers energieffektivitet – Beregning af energiforbrug til rumopvarmning og –køling*. Engelsk titel: *Energy performance of buildings - Calculation of energy use for space heating and cooling*.

Bilag A: Temperatur- og fugtmålinger

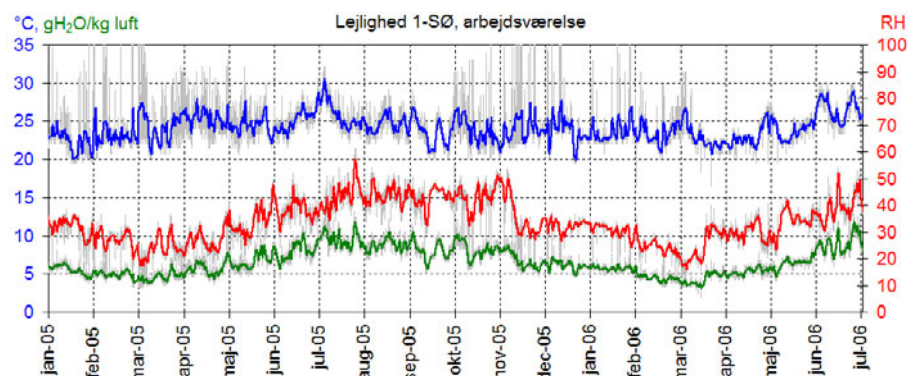
Lejlighed 1-SØ



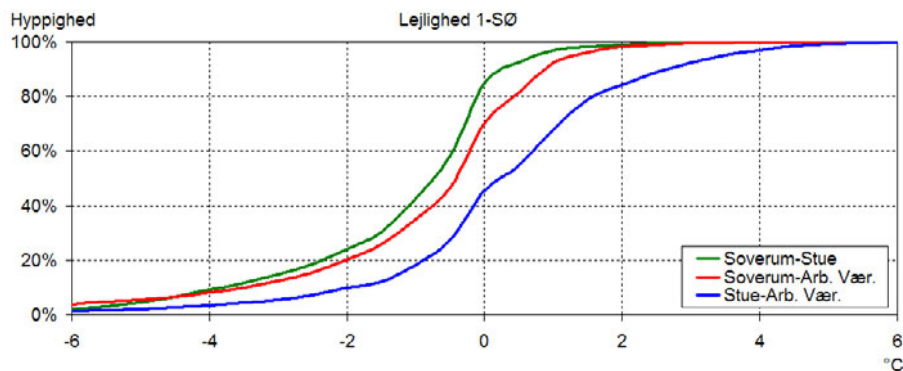
Figur 35. Figuren viser for soverummet i lejligheden 1-SØ og for perioden januar 2005 til juli 2006 resultaterne af målinger af rumtemperaturen (blå, venstre y-akse) og rumluftens relative fugtighed (rød, højre y-akse). På baggrund heraf er rumluftens absolutte vandindhold [g vand pr. kg luft] beregnet (grøn, venstre y-akse). De lysegrå kurver er 30 minutters registreringerne, de fuldt optrukne kurver viser døgnmiddelværdier.



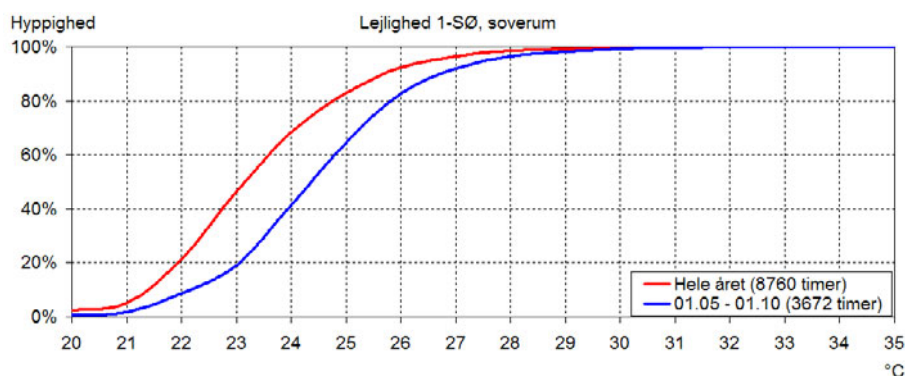
Figur 36. Figuren viser for stuen i lejligheden 1-SØ og for perioden januar 2005 til juli 2006 resultaterne af målinger af rumtemperaturen (blå, venstre y-akse) og rumluftens relative fugtighed (rød, højre y-akse). På baggrund heraf er rumluftens absolutte vandindhold [g vand pr. kg luft] beregnet (grøn, venstre y-akse). De lysegrå kurver er 30 minutters registreringerne, de fuldt optrukne kurver viser døgnmiddelværdier.



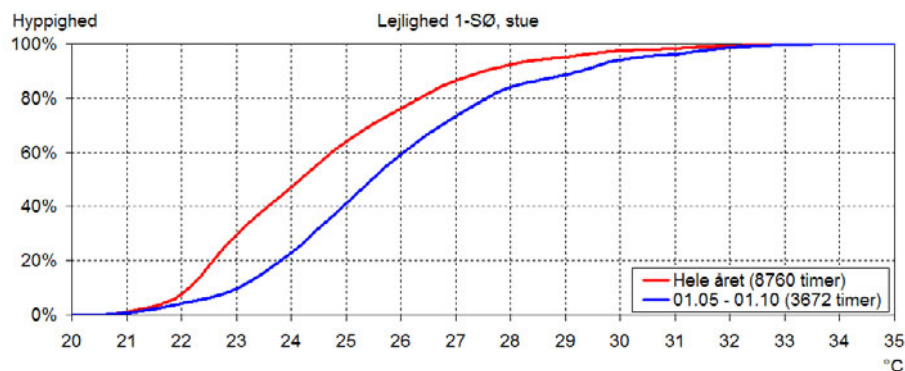
Figur 37. Figuren viser for arbejdsværelset i lejligheden 1-SØ og for perioden januar 2005 til juli 2006 resultaterne af målinger af rumtemperaturen (blå, venstre y-akse) og rumluftens relative fugtighed (rød, højre y-akse). På baggrund heraf er rumluftens absolutte vandindhold [g vand pr. kg luft] beregnet (grøn, venstre y-akse). De lysegrå kurver er 30 minutters registreringerne, de fuldt optrukne kurver viser døgnmiddelværdier.



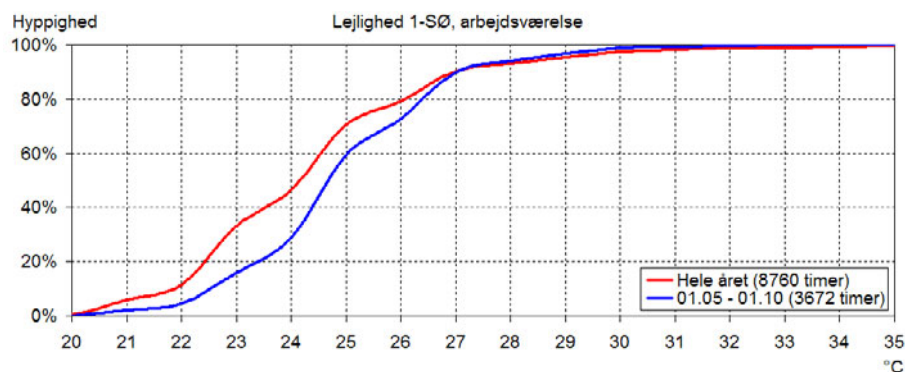
Figur 38. Figuren viser differensen mellem de målte temperaturer i de tre rum i lejligheden 1-SØ. Eksempel: Den røde kurve viser, at i 20 procent af tiden fra jan-05 til juli-06 er temperaturen i soverummet 2 °C eller mere lavere end i arbejdsværelset. I 1-2 procent af tiden er temperaturen i soverummet 2 °C eller mere højere end i arbejdsværelset.



Figur 39. Kumuleret, relativ fordeling af målte rumtemperaturer i soverummet. Kurverne viser den procentvis andel af tiden, hvor der er målt en lavere rumtemperatur end angivet på x-aksen. Eksempel: I ca. 70 procent af tiden på et år (2005, rød kurve) er rumtemperaturen målt til 24 °C eller lavere. I sommerperioden (blå kurve) er rumtemperaturen målt til 24 °C eller lavere i 40 procent af tiden.

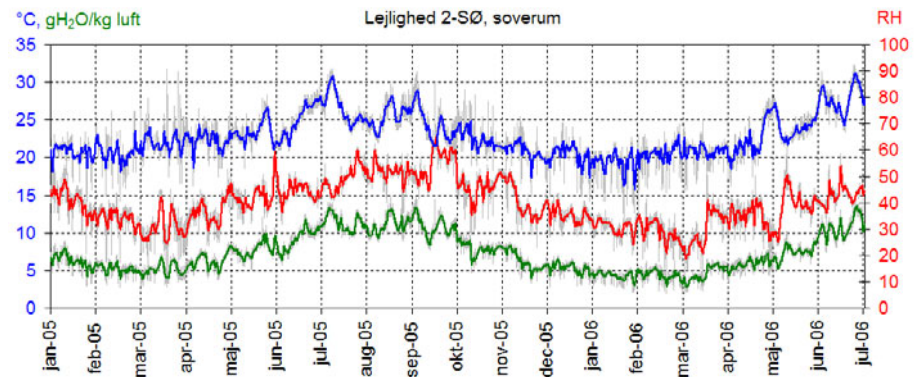


Figur 40. Kumuleret, relativ fordeling af målte rumtemperaturer i stuen. Se figur 39 for eksempel på aflæsning af kurverne.

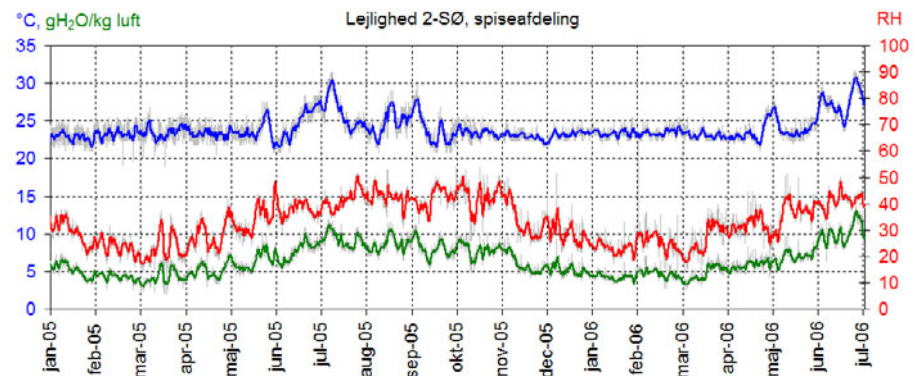


Figur 41. Kumuleret, relativ fordeling af målte rumtemperaturer i arbejdsværelset. Se figur 39 for eksempel på aflæsning af kurverne.

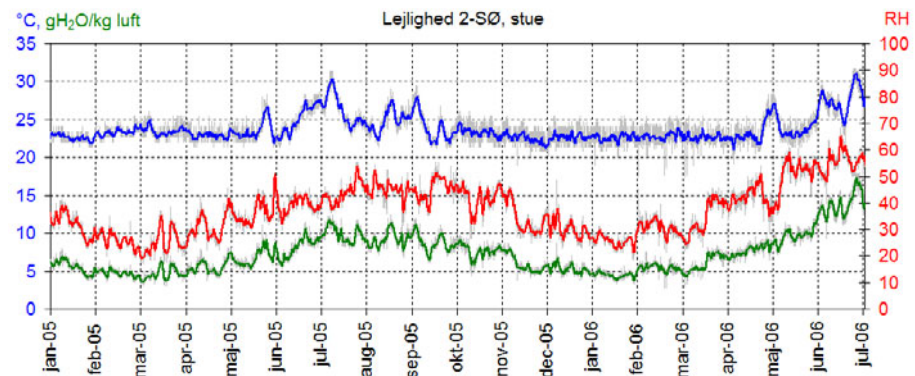
Lejlighed 2-SØ



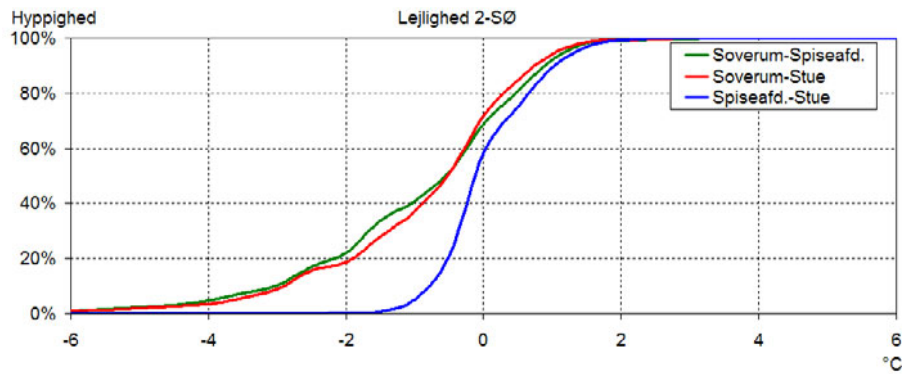
Figur 42. Figuren viser for soverummet i lejligheden 2-SØ og for perioden januar 2005 til juli 2006 resultaterne af målinger af rumtemperaturen (blå, venstre y-akse) og rumluftens relative fugtighed (rød, højre y-akse). På baggrund heraf er rumluftens absolutte vandindhold [g vand pr. kg luft] beregnet (grøn, venstre y-akse). De lysegrå kurver er 30 minutters registreringerne, de fuldt optrukne kurver viser døgnmiddelværdier.



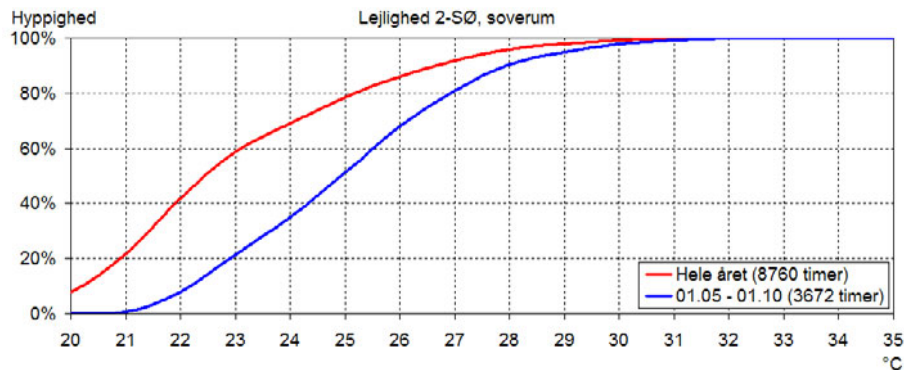
Figur 43. Figuren viser for spiseafdelingen i lejligheden 2-SØ og for perioden januar 2005 til juli 2006 resultaterne af målinger af rumtemperaturen (blå, venstre y-akse) og rumluftens relative fugtighed (rød, højre y-akse). På baggrund heraf er rumluftens absolutte vandindhold [g vand pr. kg luft] beregnet (grøn, venstre y-akse). De lysegrå kurver er 30 minutters registreringerne, de fuldt optrukne kurver viser døgnmiddelværdier.



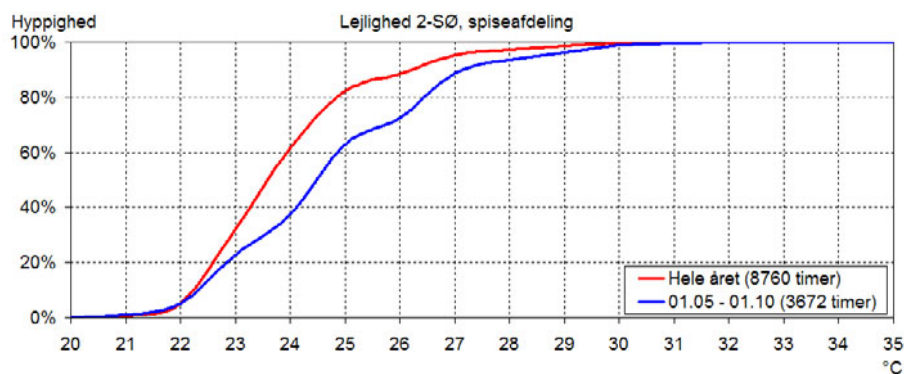
Figur 44. Figuren viser for stuen i lejligheden 2-SØ og for perioden januar 2005 til juli 2006 resultaterne af målinger af rumtemperaturen (blå, venstre y-akse) og rumluftens relative fugtighed (rød, højre y-akse). På baggrund heraf er rumluftens absolutte vandindhold [g vand pr. kg luft] beregnet (grøn, venstre y-akse). De lysegrå kurver er 30 minutters registreringerne, de fuldt optrukne kurver viser døgnmiddelværdier.



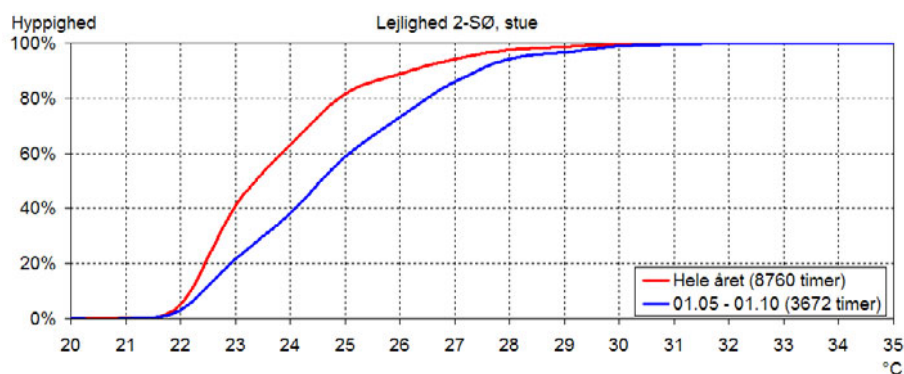
Figur 45. Figuren viser differensen mellem de målte temperaturer i de tre rum i lejligheden. Se figur 38 for eksempel på aflæsning af kurverne.



Figur 46. Kumuleret, relativ fordeling af målte rumtemperaturer i soverummet. Se figur 39 for eksempel på aflæsning af kurverne.

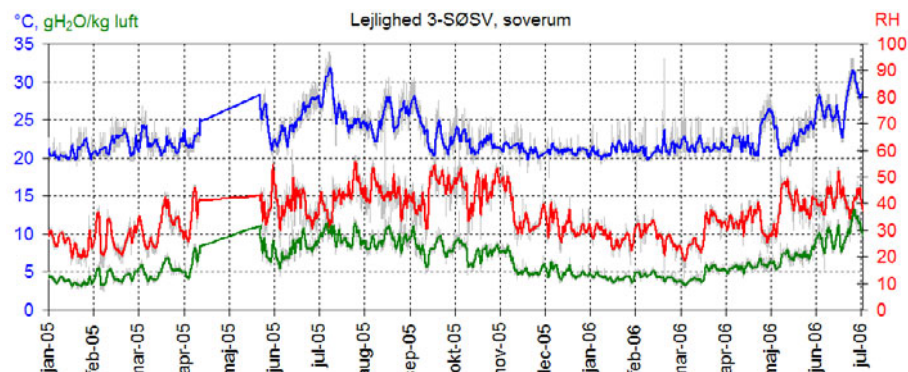


Figur 47. Kumuleret, relativ fordeling af målte rumtemperaturer i spiseafdelingen. Se figur 39 for eksempel på aflæsning af kurverne.

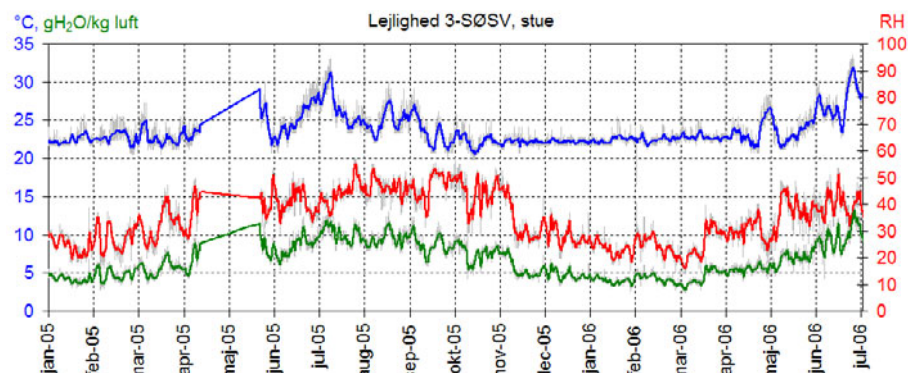


Figur 48. Kumuleret, relativ fordeling af målte rumtemperaturer i stuen. Se figur 39 for eksempel på aflæsning af kurverne.

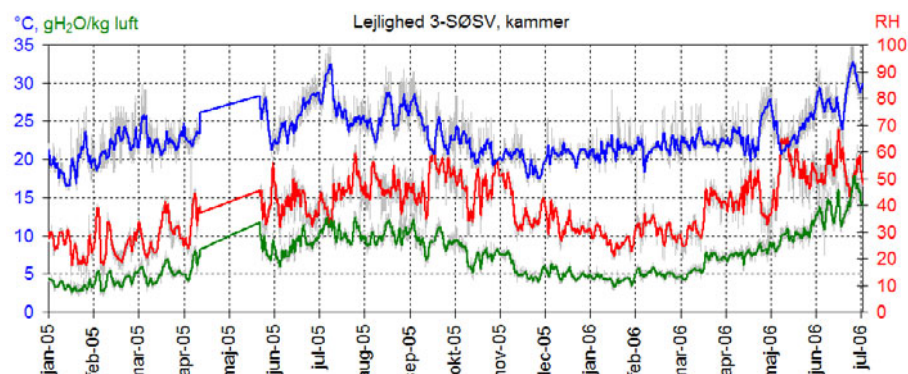
Lejlighed 3-SØSV



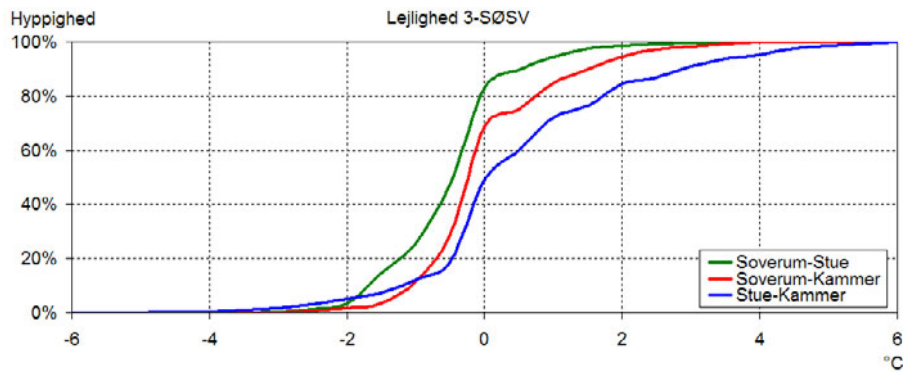
Figur 49. Figuren viser for soverummet i lejligheden 3-SØSV og for perioden januar 2005 til juli 2006 resultaterne af målinger af rumtemperaturen (blå, venstre y-akse) og rumluftens relative fugtighed (rød, højre y-akse). På baggrund heraf er rumluftens absolutte vandindhold [g vand pr. kg luft] beregnet (grøn, venstre y-akse). De lysegrå kurver er 30 minutters registreringerne, de fuldt optrukne kurver viser døgnmiddelværdier.



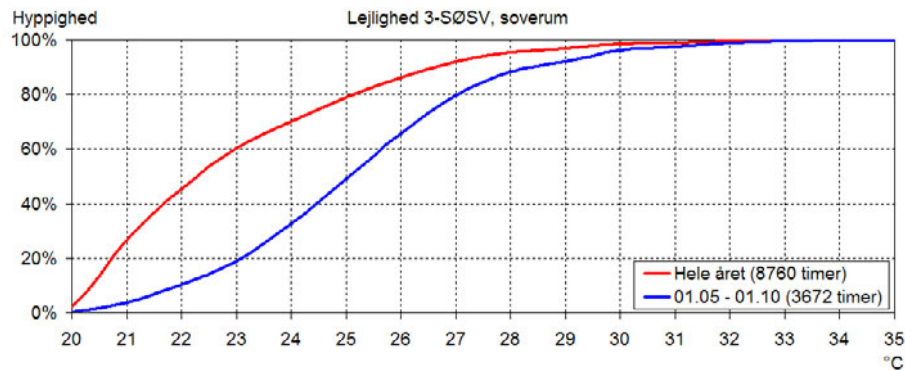
Figur 50. Figuren viser for stuen i lejligheden 3-SØSV og for perioden januar 2005 til juli 2006 resultaterne af målinger af rumtemperaturen (blå, venstre y-akse) og rumluftens relative fugtighed (rød, højre y-akse). På baggrund heraf er rumluftens absolutte vandindhold [g vand pr. kg luft] beregnet (grøn, venstre y-akse). De lysegrå kurver er 30 minutters registreringerne, de fuldt optrukne kurver viser døgnmiddelværdier.



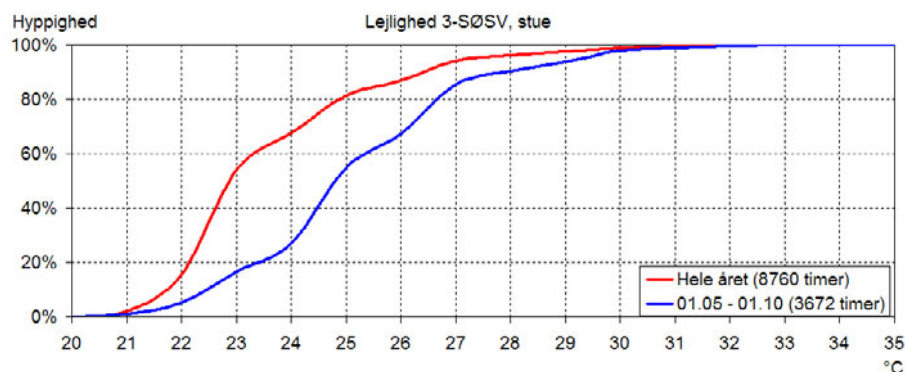
Figur 51. Figuren viser for kammeret i lejligheden 3-SØSV og for perioden januar 2005 til juli 2006 resultaterne af målinger af rumtemperaturen (blå, venstre y-akse) og rumluftens relative fugtighed (rød, højre y-akse). På baggrund heraf er rumluftens absolutte vandindhold [g vand pr. kg luft] beregnet (grøn, venstre y-akse). De lysegrå kurver er 30 minutters registreringerne, de fuldt optrukne kurver viser døgnmiddelværdier.



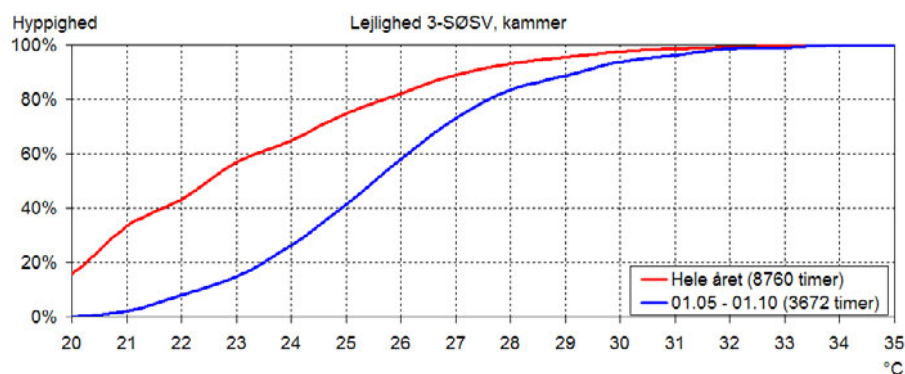
Figur 52. Figuren viser differensen mellem de målte temperaturer i de tre rum i lejligheden. Se figur 38 for eksempel på aflæsning af kurverne.



Figur 53. Kumuleret, relativ fordeling af målte rumtemperaturer i soverummet. Se Figur 39 for eksempel på aflæsning af kurverne.

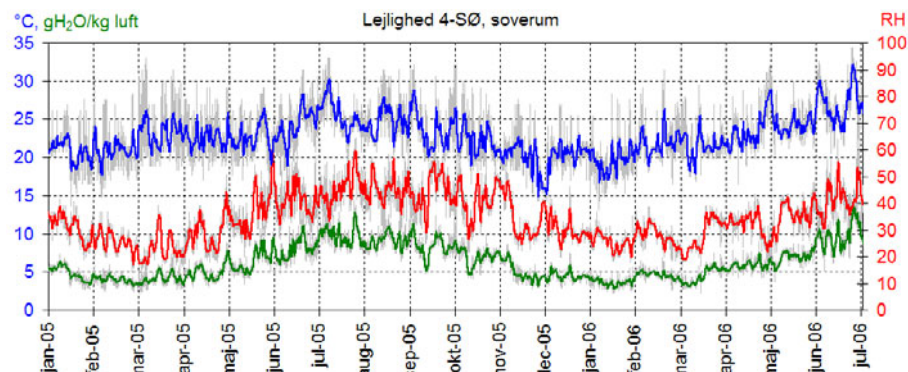


Figur 54. Kumuleret, relativ fordeling af målte rumtemperaturer i stuen. Se figur 39 for eksempel på aflæsning af kurverne.

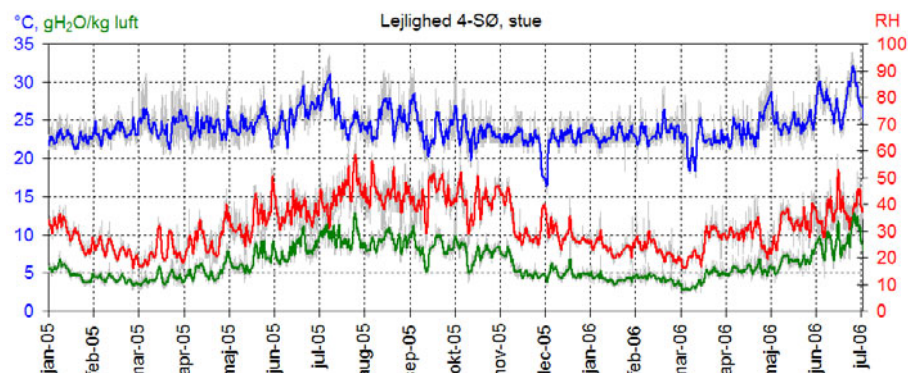


Figur 55. Kumuleret, relativ fordeling af målte rumtemperaturer i kammeret. Se figur 39 for eksempel på aflæsning af kurverne.

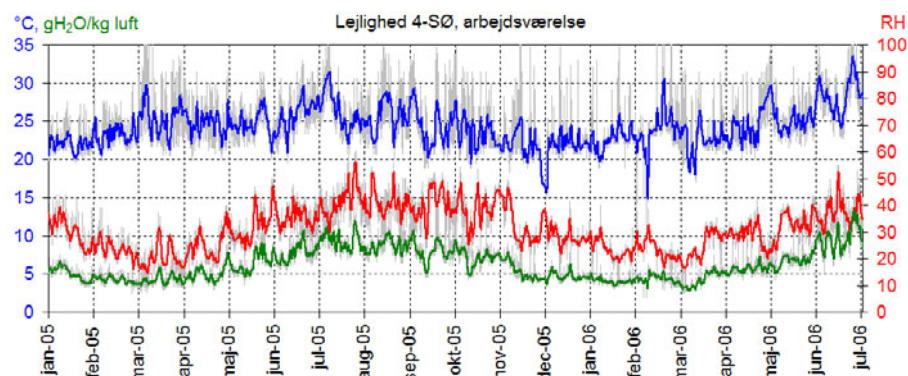
Lejlighed 4-SØ



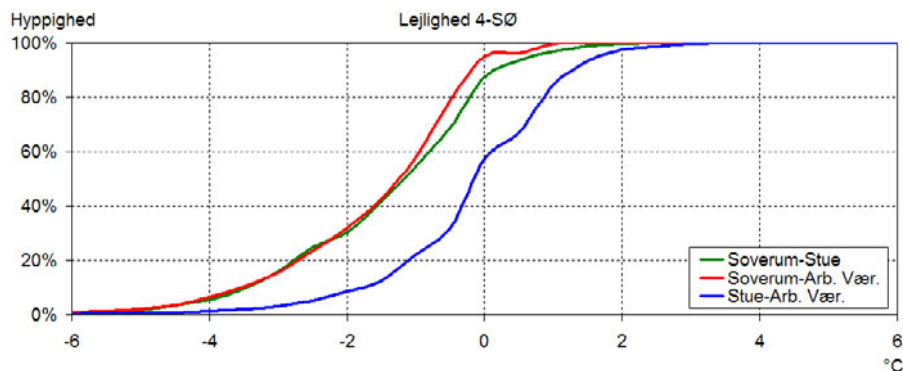
Figur 56. Figuren viser for soverummet i lejligheden 4-SØ og for perioden januar 2005 til juli 2006 resultaterne af målinger af rumtemperaturen (blå, venstre y-akse) og rumluftens relative fugtighed (rød, højre y-akse). På baggrund heraf er rumluftens absolutte vandindhold [g vand pr. kg luft] beregnet (grøn, venstre y-akse). De lysegrå kurver er 30 minutters registreringerne, de fuldt optrukne kurver viser døgnmiddelværdier.



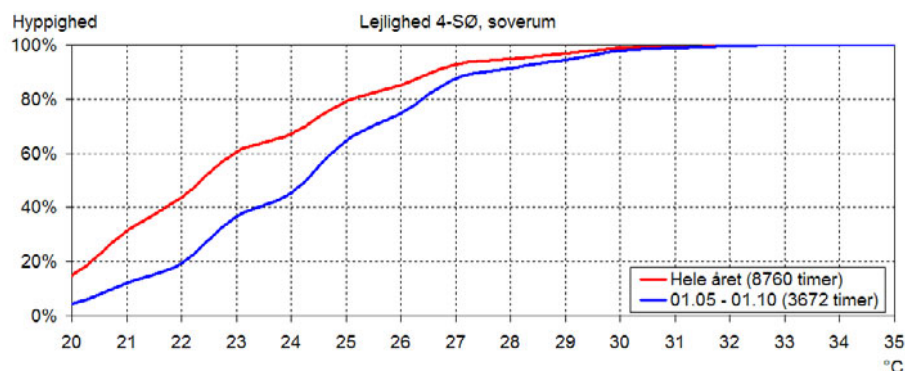
Figur 57. Figuren viser for stuen i lejligheden 4-SØ og for perioden januar 2005 til juli 2006 resultaterne af målinger af rumtemperaturen (blå, venstre y-akse) og rumluftens relative fugtighed (rød, højre y-akse). På baggrund heraf er rumluftens absolutte vandindhold [g vand pr. kg luft] beregnet (grøn, venstre y-akse). De lysegrå kurver er 30 minutters registreringerne, de fuldt optrukne kurver viser døgnmiddelværdier.



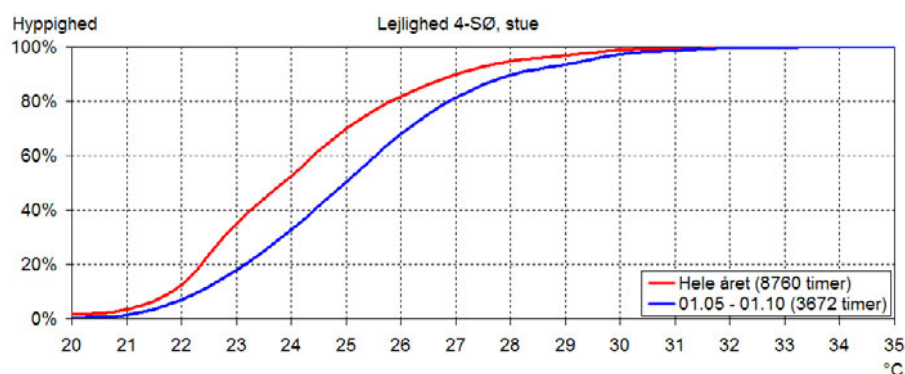
Figur 58. Figuren viser for arbejdsværelset i lejligheden 4-SØ og for perioden januar 2005 til juli 2006 resultaterne af målinger af rumtemperaturen (blå, venstre y-akse) og rumluftens relative fugtighed (rød, højre y-akse). På baggrund heraf er rumluftens absolutte vandindhold [g vand pr. kg luft] beregnet (grøn, venstre y-akse). De lysegrå kurver er 30 minutters registreringerne, de fuldt optrukne kurver viser døgnmiddelværdier.



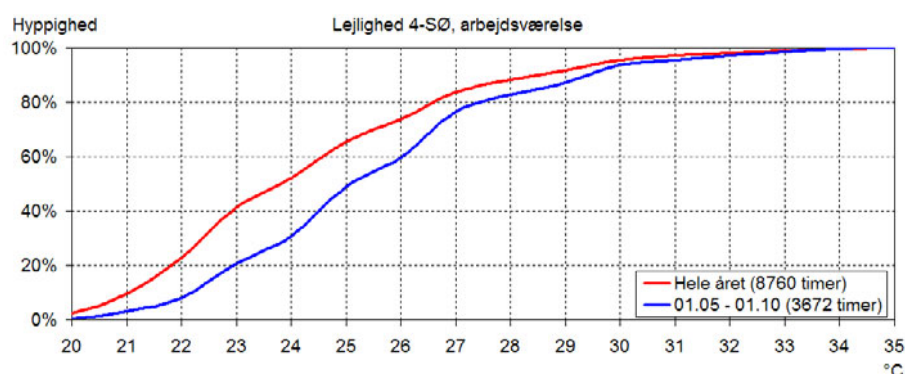
Figur 59. Figuren viser differensen mellem de målte temperaturer i de tre rum i lejligheden. Se figur 38 for eksempel på aflæsning af kurverne.



Figur 60. Kumuleret, relativ fordeling af målte rumtemperaturer i soverummet. Se figur 39 for eksempel på aflæsning af kurverne.

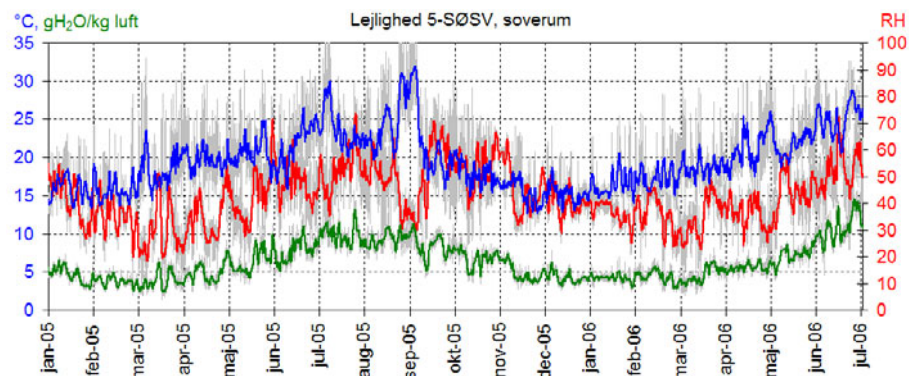


Figur 61. Kumuleret, relativ fordeling af målte rumtemperaturer i stuen. Se figur 39 for eksempel på aflæsning af kurverne.

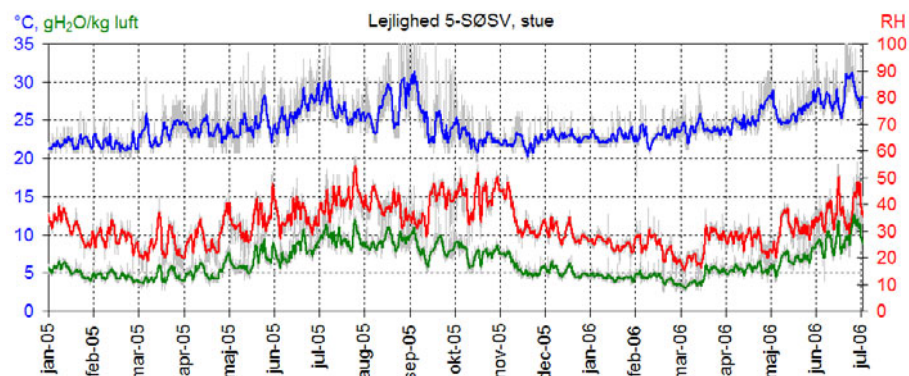


Figur 62. Kumuleret, relativ fordeling af målte rumtemperaturer i arbejdsværelset. Se figur 39 for eksempel på aflæsning af kurverne.

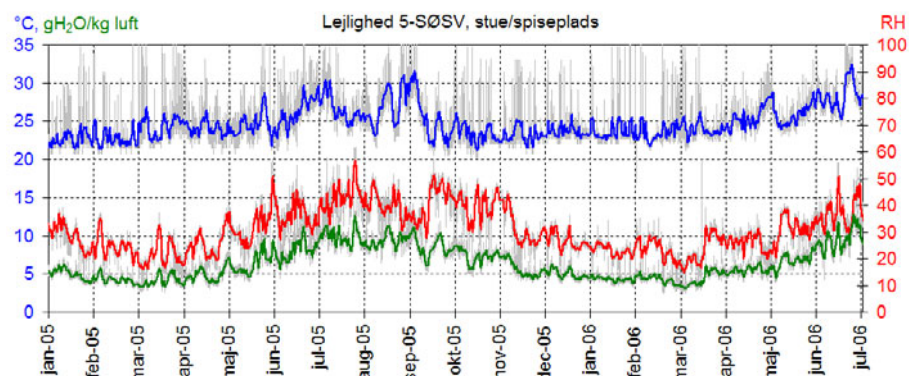
Lejlighed 5-SØSV



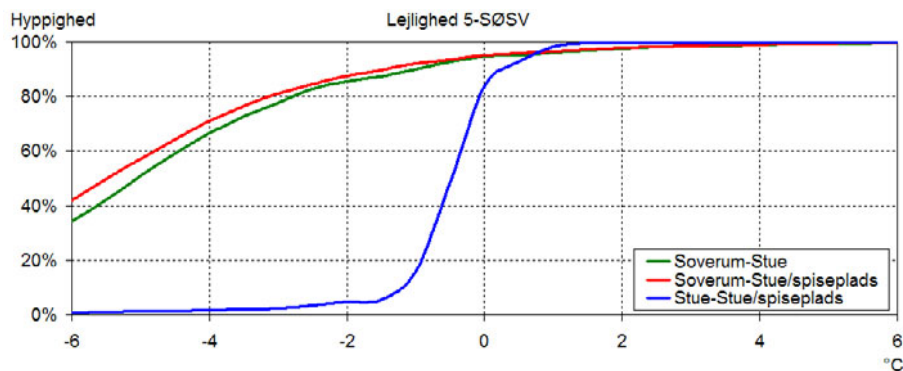
Figur 63. Figuren viser for soverummet i lejligheden 5-SØSV og for perioden januar 2005 til juli 2006 resultaterne af målinger af rumtemperaturen (blå, venstre y-akse) og rumluftens relative fugtighed (rød, højre y-akse). På baggrund heraf er rumluftens absolutte vandindhold [g vand pr. kg luft] beregnet (grøn, venstre y-akse). De lysegrå kurver er 30 minutters registreringerne, de fuldt optrukne kurver viser døgnmiddelværdier.



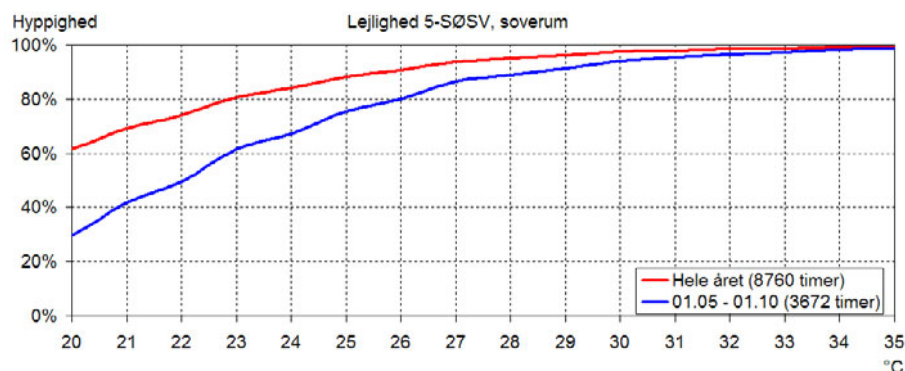
Figur 64. Figuren viser for stuen i lejligheden 5-SØSV og for perioden januar 2005 til juli 2006 resultaterne af målinger af rumtemperaturen (blå, venstre y-akse) og rumluftens relative fugtighed (rød, højre y-akse). På baggrund heraf er rumluftens absolutte vandindhold [g vand pr. kg luft] beregnet (grøn, venstre y-akse). De lysegrå kurver er 30 minutters registreringerne, de fuldt optrukne kurver viser døgnmiddelværdier.



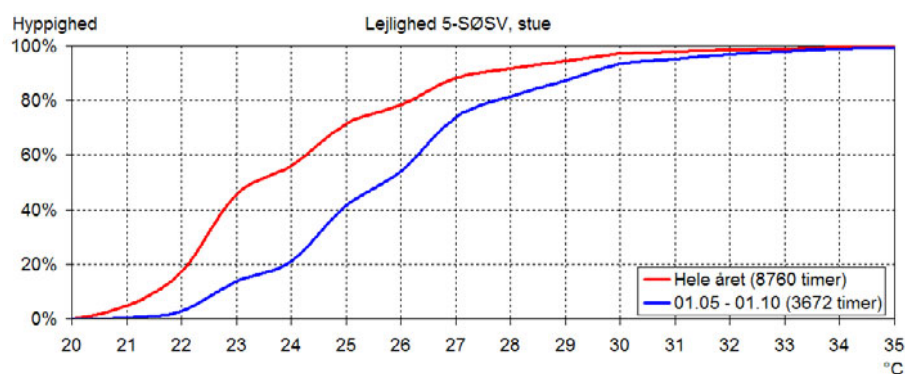
Figur 65. Figuren viser for stue/spiseplads i lejligheden 5-SØSV og for perioden januar 2005 til juli 2006 resultaterne af målinger af rumtemperaturen (blå, venstre y-akse) og rumluftens relative fugtighed (rød, højre y-akse). På baggrund heraf er rumluftens absolutte vandindhold [g vand pr. kg luft] beregnet (grøn, venstre y-akse). De lysegrå kurver er 30 minutters registreringerne, de fuldt optrukne kurver viser døgnmiddelværdier.



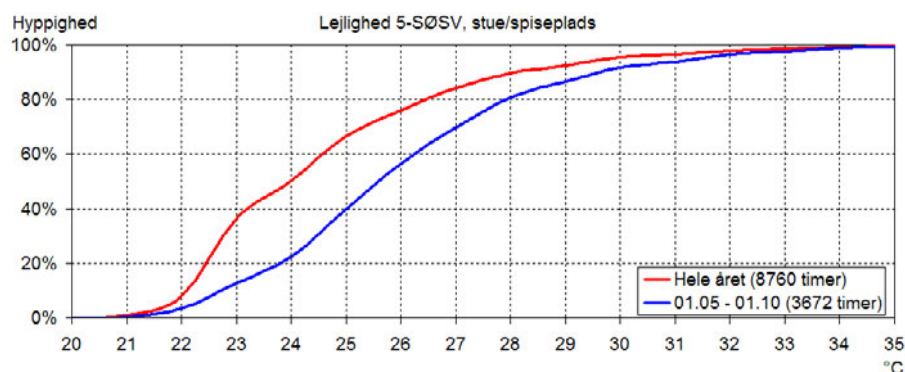
Figur 66. Figuren viser differensen mellem de målte temperaturer i de tre rum i lejligheden. Se figur 38 for eksempel på aflæsning af kurverne.



Figur 67. Kumuleret, relativ fordeling af målte rumtemperaturer i soverummet. Se figur 39 for eksempel på aflæsning af kurverne.

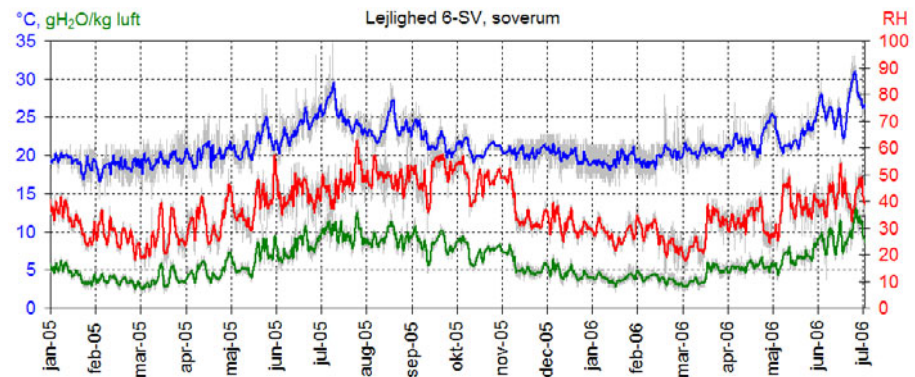


Figur 68. Kumuleret, relativ fordeling af målte rumtemperaturer i stuen. Se figur 39 for eksempel på aflæsning af kurverne.

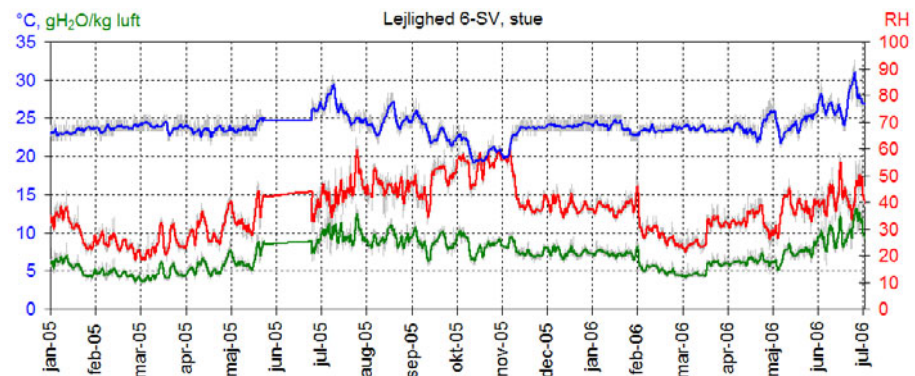


Figur 69. Kumuleret, relativ fordeling af målte rumtemperaturer ved stue/spisepladsen. Se figur 39 for eksempel på aflæsning af kurverne.

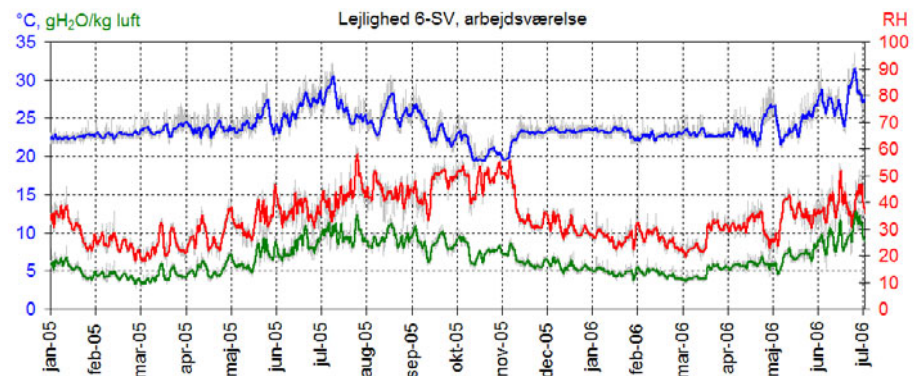
Lejlighed 6-SV



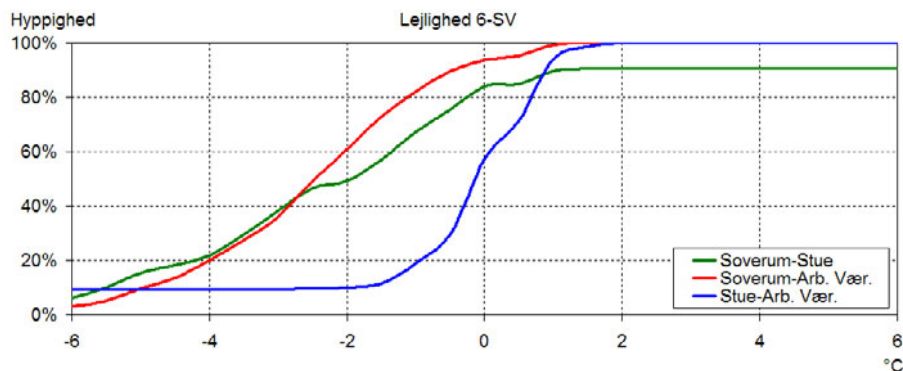
Figur 70. Figuren viser for soverummet i lejligheden 6-SV og for perioden januar 2005 til juli 2006 resultaterne af målinger af rumtemperaturen (blå, venstre y-akse) og rumluftens relative fugtighed (rød, højre y-akse). På baggrund heraf er rumluftens absolutte vandindhold [g vand pr. kg luft] beregnet (grøn, venstre y-akse). De lysegrå kurver er 30 minutters registreringerne, de fuldt optrukne kurver viser døgnmiddelværdier.



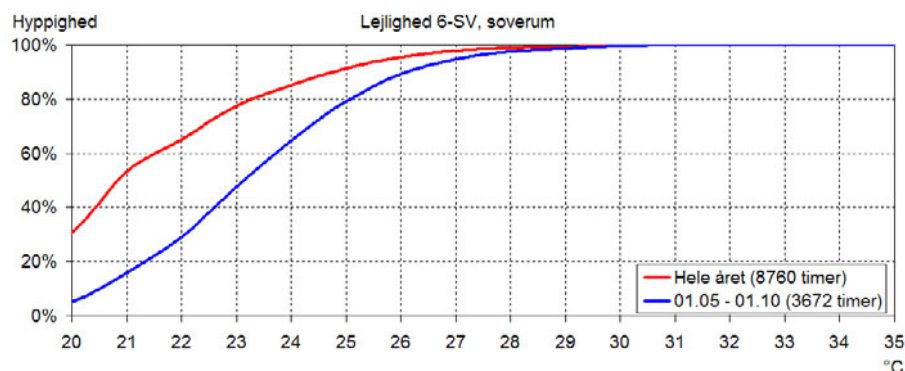
Figur 71. Figuren viser for stuen i lejligheden 6-SV og for perioden januar 2005 til juli 2006 resultaterne af målinger af rumtemperaturen (blå, venstre y-akse) og rumluftens relative fugtighed (rød, højre y-akse). På baggrund heraf er rumluftens absolutte vandindhold [g vand pr. kg luft] beregnet (grøn, venstre y-akse). De lysegrå kurver er 30 minutters registreringerne, de fuldt optrukne kurver viser døgnmiddelværdier.



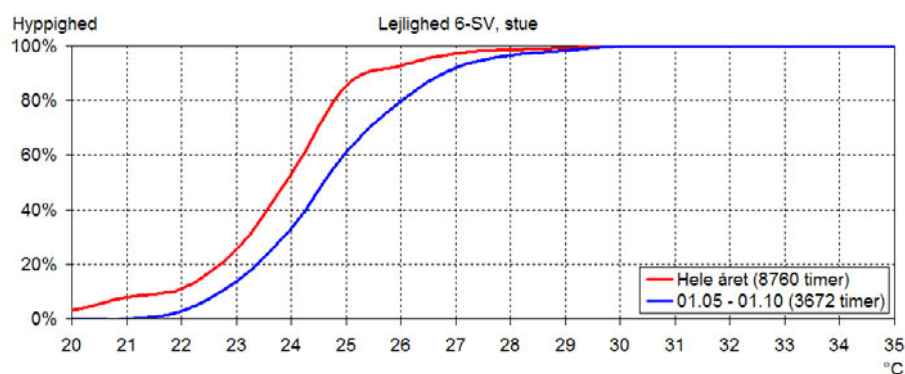
Figur 72. Figuren viser for arbejdsværelset i lejligheden 6-SV og for perioden januar 2005 til juli 2006 resultaterne af målinger af rumtemperaturen (blå, venstre y-akse) og rumluftens relative fugtighed (rød, højre y-akse). På baggrund heraf er rumluftens absolutte vandindhold [g vand pr. kg luft] beregnet (grøn, venstre y-akse). De lysegrå kurver er 30 minutters registreringerne, de fuldt optrukne kurver viser døgnmiddelværdier.



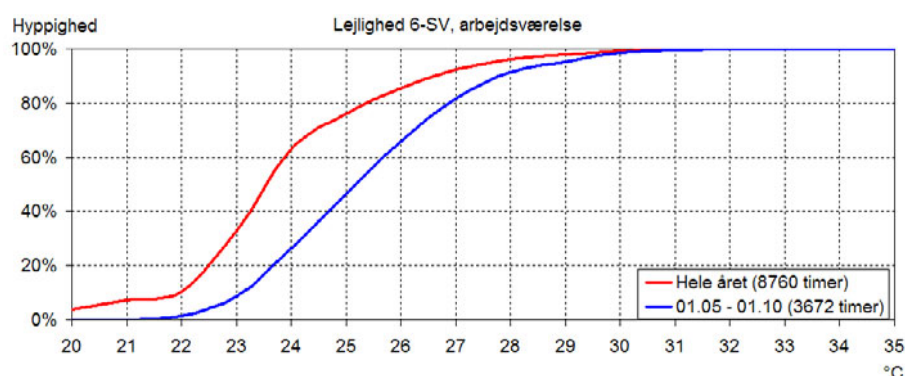
Figur 73. Figuren viser differensen mellem de målte temperaturer i de tre rum i lejligheden. Se figur 38 for eksempel på aflæsning af kurverne.



Figur 74. Kumuleret, relativ fordeling af målte rumtemperaturer i soverummet. Se figur 39 for eksempel på aflæsning af kurverne.



Figur 75. Kumuleret, relativ fordeling af målte rumtemperaturer i stuen. Se figur 39 for eksempel på aflæsning af kurverne.



Figur 76. Kumuleret, relativ fordeling af målte rumtemperaturer i arbejdsværelset. Se figur 39 for eksempel på aflæsning af kurverne.

Bilag B: Ventilationsmålinger

PFT-measurement

Building : Lejlighed 1-SØ Date: 02.12.2008
 Project : 731-007 Enclosure: 1
 Measurement Start: 15.12.04 at 13:25 | Duration: 140,6 hours
 Measurement End : 21.12.04 at 10:00 | Analysis: 10.05.2005

Results

Total infiltration rate: 118,9 m³/h (18,5) [16%]
 Total air change rate: 0,70 h⁻¹ (0,11)

Infiltration				Exfiltration			Total		
Zone	[m ³ /h]	SD	SD%	[m ³ /h]	SD	SD%	[m ³ /h]	SD	SD%
1	118,9	18,5	[16]	118,9	18,5	[16]	118,9	18,5	[16]
2									
3									

Interzone				Interzone			
Zone	[m ³ /h]	SD	SD%	Zone	[m ³ /h]	SD	SD%
1 → 2				2 → 1			
2 → 3				3 → 2			
1 → 3				3 → 1			

Analysis

		Average Zone Concentration [pl/l]	
Zone		PMCP	SD%
1	Hele lejligheden	92,3	[6]
2	Not defined		
3	Not defined		

		Zone and emitter data					
Zone		Volume [m ³]	Type	Number	Ref. rate [nl/h]	Temp. [°C]	Est. rate [nl/h]
1	Hele lejligheden	170,0	PMCP	4	12012	23,0	10971
2	Not defined						
3	Not defined						

Rackfactor(s): PMCP: 1,040 Uncertainty GC: 10 % Uncertainty concentration matrix: 0,12
 Uncertainty mixing: 5 % Uncertainty air flow matrix: 0,16
 Uncertainty samplers: 2 % Condition number of conc. matrix: 1,00
 Uncertainty emitters: 10 %

Samplers

		Measured Volume [pl]				Excluded samplers			
		Zone 1		Zone 2		Zone 3			
		Sampler	PMCP	Sampler		Sampler		Sampler	PMCP PMCH PDCH
1		4138	114,0					4217	168,7 90,9 13,4
2		3584	116,4						
3		4122	103,3						

PFT-measurement

Building	: Lejlighed 2-SØ	Date:	02.12.2008
Project	: 731-007	Enclosure:	1
Measurement Start:	15.12.04 at 15:00	Duration:	139,5 hours
Measurement End :	21.12.04 at 10:30	Analysis:	10.05.2005

Results

Total infiltration rate:	117,6 m ³ /h	(30,9)	[26%]
Total air change rate:	0,64 h ⁻¹	(0,17)	

Infiltration				Exfiltration				Total		
Zone	[m ³ /h]	SD	SD%	[m ³ /h]	SD	SD%		[m ³ /h]	SD	SD%
1	117,6	30,9	[26]	117,6	30,9	[26]		117,6	30,9	[26]
2										
3										

Interzone				Interzone			
Zone	[m ³ /h]	SD	SD%	Zone	[m ³ /h]	SD	SD%
1 → 2				2 → 1			
2 → 3				3 → 2			
1 → 3				3 → 1			

Analysis

Zone		Average Zone Concentration [pI/l]	
		PMCP	SD%
1	Hele lejligheden	93,3	[22]
2	Not defined		
3	Not defined		

Zone		Zone and emitter data					
		Volume [m ³]	Type	Number	Ref. rate [nl/h]	Temp. [°C]	Est. rate [nl/h]
1	Hele lejligheden	183,0	PMCP	4	12012	23,0	10971
2	Not defined						
3	Not defined						

Rackfactor(s):	PMCP: 1,040	Uncertainty GC:	10 %	Uncertainty concentration matrix:	0,24
		Uncertainty mixing:	5 %	Uncertainty air flow matrix:	0,26
		Uncertainty samplers:	2 %	Condition number of conc. matrix:	1,00
		Uncertainty emitters:	10 %		

Samplers

		Measured Volume [pI]			
		Zone 1 Sampler PMCP	Zone 2 Sampler	Zone 3 Sampler	Excluded samplers Sampler PMCP PMCH PDCH
1	4005	139,8			4217 167,6 69,2 54,3
2	3946	99,3			
3	3919	95,5			

PFT-measurement

Building : Lejlighed 4-SØ Date: 02.12.2008
 Project : 731-007 Enclosure: 1
 Measurement Start: 15.12.04 at 16:00 | Duration: 138,9 hours
 Measurement End : 21.12.04 at 10:55 | Analysis: 10.05.2005

Results

Total infiltration rate: 99,5 m³/h (16,2) [16%]
 Total air change rate: 0,61 h⁻¹ (0,10)

Infiltration				Exfiltration			Total		
Zone	[m ³ /h]	SD	SD%	[m ³ /h]	SD	SD%	[m ³ /h]	SD	SD%
1	99,5	16,2	[16]	99,5	16,2	[16]	99,5	16,2	[16]
2									
3									

Interzone				Interzone			
Zone	[m ³ /h]	SD	SD%	Zone	[m ³ /h]	SD	SD%
1 → 2				2 → 1			
2 → 3				3 → 2			
1 → 3				3 → 1			

Analysis

		Average Zone Concentration [pl/l]	
Zone		PMCP	SD%
1	Hele lejligheden	110,3	[8]
2	Not defined		
3	Not defined		

		Zone and emitter data					
Zone		Volume [m ³]	Type	Number	Ref. rate [nl/h]	Temp. [°C]	Est. rate [nl/h]
1	Hele lejligheden	163,0	PMCP	4	12012	23,0	10971
2	Not defined						
3	Not defined						

Rackfactor(s): PMCP: 1,040 Uncertainty GC: 10 % Uncertainty concentration matrix: 0,13
 Uncertainty mixing: 5 % Uncertainty air flow matrix: 0,16
 Uncertainty samplers: 2 % Condition number of conc. matrix: 1,00
 Uncertainty emitters: 10 %

Samplers

		Measured Volume [pl]			
		Zone 1		Zone 2	Zone 3
		Sampler	PMCP	Sampler	Sampler
1		4010	143,4		
2		3999	128,0		
3		4029	125,4		
4		4149	119,5		
5		3984	140,3		

PFT-measurement

Building	: Lejlighed 5-SØSV	Date:	02.12.2008
Project	: 731-007	Enclosure:	1
Measurement Start:	15.12.04 at 16:30	Duration: 138,2 hours	Analysis: 10.05.2005
Measurement End	: 21.12.04 at 10:40		

Results

Total infiltration rate:	177,5 m ³ /h	(27,2)	[15%]
Total air change rate:	1,13 h ⁻¹	(0,17)	

Infiltration				Exfiltration				Total		
Zone	[m ³ /h]	SD	SD%	[m ³ /h]	SD	SD%		[m ³ /h]	SD	SD%
1	177,5	27,2	[15]	177,5	27,2	[15]		177,5	27,2	[15]
2										
3										

Interzone				Interzone			
Zone	[m ³ /h]	SD	SD%	Zone	[m ³ /h]	SD	SD%
1 → 2				2 → 1			
2 → 3				3 → 2			
1 → 3				3 → 1			

Analysis

Zone		Average Zone Concentration [pI/l]	
		PMCP	SD%
1	Hele lejligheden	46,3	[6]
2	Not defined		
3	Not defined		

Zone		Zone and emitter data					
		Volume [m ³]	Type	Number	Ref. rate [nl/h]	Temp. [°C]	Est. rate [nl/h]
1	Hele lejligheden	157,0	PMCP	3	9009	23,0	8228
2	Not defined						
3	Not defined						

Rackfactor(s):	PMCP: 1,040	Uncertainty GC:	10 %	Uncertainty concentration matrix:	0,12
		Uncertainty mixing:	5 %	Uncertainty air flow matrix:	0,15
		Uncertainty samplers:	2 %	Condition number of conc. matrix:	1,00
		Uncertainty emitters:	10 %		

Samplers

		Measured Volume [pI]				Excluded samplers			
		Zone 1		Zone 2		Zone 3			
		Sampler PMCP		Sampler		Sampler		Sampler	PMCP PMCH PDCH
1		4343	51,4					3989	39,0 7,9 4,9
2		4105	56,3					4303	96,1 10,9 6,6
3		4115	57,0						

PFT-measurement

Building : Lejlighed 6-SV Date: 02.12.2008
 Project : 731-007 Enclosure: 1
 Measurement Start: 15.12.04 at 14:10 | Duration: 140,2 hours
 Measurement End : 21.12.04 at 10:20 | Analysis: 10.05.2005

Results

Total infiltration rate: 209,6 m³/h (49,3) [24%]
 Total air change rate: 0,96 h⁻¹ (0,23)

Infiltration				Exfiltration			Total		
Zone	[m ³ /h]	SD	SD%	[m ³ /h]	SD	SD%	[m ³ /h]	SD	SD%
1	209,6	49,3	[24]	209,6	49,3	[24]	209,6	49,3	[24]
2									
3									

Interzone				Interzone			
Zone	[m ³ /h]	SD	SD%	Zone	[m ³ /h]	SD	SD%
1 → 2				2 → 1			
2 → 3				3 → 2			
1 → 3				3 → 1			

Analysis

			Average Zone Concentration [pl/l]	
Zone			PMCP	SD%
1	Hele lejligheden		65,4	[19]
2	Not defined			
3	Not defined			

Zone and emitter data						
Zone		Volume [m ³]	Type	Number	Ref. rate [nl/h]	Temp. [°C]
1	Hele lejligheden	218,0	PMCP	5	15015	23,0
2	Not defined					
3	Not defined					

Rackfactor(s): PMCP: 1,040 Uncertainty GC: 10 % Uncertainty concentration matrix: 0,21
 Uncertainty mixing: 5 % Uncertainty air flow matrix: 0,24
 Uncertainty samplers: 2 % Condition number of conc. matrix: 1,00
 Uncertainty emitters: 10 %

Samplers

Measured Volume [pl]							
Zone 1		Zone 2		Zone 3		Excluded samplers	
Sampler	PMCP	Sampler		Sampler		Sampler	PMCP PMCH PDCH
1	3934 96,0						
2	3967 55,9						
3	4142 85,1						
4	3902 79,1						
5	3954 77,0						

PFT-measurement

Building	: Lejlighed 1-SØ	Date:	02.12.2008
Project	: 731-007	Enclosure:	2
Measurement Start:	05.01.06 at 13:45	Duration:	171,3 hours
Measurement End :	12.01.06 at 17:00	Analysis:	19.01.2006

Results

Total infiltration rate:	133,7 m ³ /h	(22,0)	[16%]
Total air change rate:	0,78 h ⁻¹	(0,13)	

Infiltration				Exfiltration			Total		
Zone	[m ³ /h]	SD	SD%	[m ³ /h]	SD	SD%	[m ³ /h]	SD	SD%
1	133,7	22,0	[16]	133,7	22,0	[16]	133,7	22,0	[16]
2									
3									

Interzone				Interzone			
Zone	[m ³ /h]	SD	SD%	Zone	[m ³ /h]	SD	SD%
1 → 2				2 → 1			
2 → 3				3 → 2			
1 → 3				3 → 1			

Analysis

Zone		Average Zone Concentration [pI/l]	
		PMCP	SD%
1	Hele lejligheden	82,0	[8]
2	Not defined		
3	Not defined		

Zone		Zone and emitter data					
		Volume [m ³]	Type	Number	Ref. rate [nl/h]	Temp. [°C]	Est. rate [nl/h]
1	Hele lejligheden	171,0	PMCP	4	12012	23,0	10971
2	Not defined						
3	Not defined						

Rackfactor(s):	PMCP: 1,000	Uncertainty GC:	10 %	Uncertainty concentration matrix:	0,13
		Uncertainty mixing:	5 %	Uncertainty air flow matrix:	0,16
		Uncertainty samplers:	2 %	Condition number of conc. matrix:	1,00
		Uncertainty emitters:	10 %		

Samplers

		Measured Volume [pI]			
		Zone 1 Sampler PMCP	Zone 2 Sampler	Zone 3 Sampler	Excluded samplers Sampler PMCP PMCH PDCH
1		4128 122,6			
2		4221 139,2			
3		4347 124,3			
4		4185 114,9			

PFT-measurement

Building	: Lejlighed 2-SØ	Date:	02.12.2008
Project	: 731-007	Enclosure:	2
Measurement Start:	05.01.06 at 14:00	Duration:	166,0 hours
Measurement End	: 12.01.06 at 12:00	Analysis:	19.01.2006

Results

Total infiltration rate:	138,0 m ³ /h	(21,8)	[16%]
Total air change rate:	0,75 h ⁻¹	(0,12)	

Infiltration				Exfiltration			Total		
Zone	[m ³ /h]	SD	SD%	[m ³ /h]	SD	SD%	[m ³ /h]	SD	SD%
1	138,0	21,8	[16]	138,0	21,8	[16]	138,0	21,8	[16]
2									
3									

Interzone				Interzone			
Zone	[m ³ /h]	SD	SD%	Zone	[m ³ /h]	SD	SD%
1 → 2				2 → 1			
2 → 3				3 → 2			
1 → 3				3 → 1			

Analysis

Zone		Average Zone Concentration [pl/l]	
		PMCP	SD%
1	Hele lejligheden	79,5	[7]
2	Not defined		
3	Not defined		

Zone		Zone and emitter data					
		Volume [m ³]	Type	Number	Ref. rate [nl/h]	Temp. [°C]	Est. rate [nl/h]
1	Hele lejligheden	183,0	PMCP	4	12012	23,0	10971
2	Not defined						
3	Not defined						

Rackfactor(s):	PMCP: 1,000	Uncertainty GC:	10 %	Uncertainty concentration matrix:	0,12
		Uncertainty mixing:	5 %	Uncertainty air flow matrix:	0,16
		Uncertainty samplers:	2 %	Condition number of conc. matrix:	1,00
		Uncertainty emitters:	10 %		

Samplers

Measured Volume [pl]		Zone 1		Zone 2		Zone 3		Excluded samplers			
		Sampler	PMCP	Sampler		Sampler		Sampler	PMCP	PMCH	PDCH
1		4306	125,5								
2		4008	109,8								
3		4304	112,1								
4		4309	123,2								

PFT-measurement

Building	: Lejlighed 3-SØSV	Date:	02.12.2008
Project	: 731-007	Enclosure:	2
Measurement Start:	05.01.06 at 13:45	Duration:	169,5 hours
Measurement End :	12.01.06 at 15:15		
		Analysis:	19.01.2006

Results

Total infiltration rate:	166,1 m ³ /h	(25,1)	[15%]
Total air change rate:	0,87 h ⁻¹	(0,13)	

Infiltration				Exfiltration				Total		
Zone	[m ³ /h]	SD	SD%	[m ³ /h]	SD	SD%		[m ³ /h]	SD	SD%
1	166,1	25,1	[15]	166,1	25,1	[15]		166,1	25,1	[15]
2										
3										

Interzone				Interzone			
Zone	[m ³ /h]	SD	SD%	Zone	[m ³ /h]	SD	SD%
1 → 2				2 → 1			
2 → 3				3 → 2			
1 → 3				3 → 1			

Analysis

Zone		Average Zone Concentration [pI/l]	
		PMCP	SD%
1	Hele lejligheden	47,3	[5]
2	Not defined		
3	Not defined		

Zone		Zone and emitter data				
		Volume [m ³]	Type	Number	Ref. rate [nl/h]	Temp. [°C]
1	Hele lejligheden	191,0	PMCP	3	9009	22,0
2	Not defined					
3	Not defined					

Rackfactor(s):	PMCP: 1,000	Uncertainty GC:	10 %	Uncertainty concentration matrix:	0,11
		Uncertainty mixing:	5 %	Uncertainty air flow matrix:	0,15
		Uncertainty samplers:	2 %	Condition number of conc. matrix:	1,00
		Uncertainty emitters:	10 %		

Samplers

		Measured Volume [pI]			
		Zone 1	Zone 2	Zone 3	Excluded samplers
		Sampler PMCP	Sampler	Sampler	Sampler PMCP PMCH PDCH
1	4340	73,2			
2	4143	70,4			
3	4139	67,4			
4	4082	75,1			

PFT-measurement

Building : Lejlighed 4-SØ Date: 02.12.2008
 Project : 731-007 Enclosure: 2
 Measurement Start: 05.01.06 at 13:30 | Duration: 169,7 hours
 Measurement End : 12.01.06 at 15:15 | Analysis: 19.01.2006

Results

Total infiltration rate: 177,1 m³/h (37,6) [21%]
 Total air change rate: 1,09 h⁻¹ (0,23)

Infiltration				Exfiltration			Total		
Zone	[m ³ /h]	SD	SD%	[m ³ /h]	SD	SD%	[m ³ /h]	SD	SD%
1	177,1	37,6	[21]	177,1	37,6	[21]	177,1	37,6	[21]
2									
3									

Interzone				Interzone			
Zone	[m ³ /h]	SD	SD%	Zone	[m ³ /h]	SD	SD%
1 → 2				2 → 1			
2 → 3				3 → 2			
1 → 3				3 → 1			

Analysis

			Average Zone Concentration [pl/l]	
Zone			PMCP	SD%
1	Hele lejligheden		59,2	[16]
2	Not defined			
3	Not defined			

Zone and emitter data						
Zone		Volume [m ³]	Type	Number	Ref. rate [nl/h]	Temp. [°C]
1	Hele lejligheden	163,0	PMCP	4	12012	22,0
2	Not defined					
3	Not defined					

Rackfactor(s): PMCP: 1,000 Uncertainty GC: 10 % Uncertainty concentration matrix: 0,19
 Uncertainty mixing: 5 % Uncertainty air flow matrix: 0,21
 Uncertainty samplers: 2 % Condition number of conc. matrix: 1,00
 Uncertainty emitters: 10 %

Samplers

Measured Volume [pl]							
Zone 1		Zone 2		Zone 3		Excluded samplers	
Sampler	PMCP	Sampler		Sampler		Sampler	PMCP PMCH PDCH
1	3973 73,4						
2	4342 109,7						
3	4285 96,3						
4	4039 87,8						
5	4314 80,8						

PFT-measurement

Building	: Lejlighed 5-SØSV	Date:	02.12.2008
Project	: 731-007	Enclosure:	2
Measurement Start:	05.01.06 at 13:10	Duration:	164,3 hours
Measurement End :	12.01.06 at 09:30	Analysis:	19.01.2006

Results

Total infiltration rate:	160,9 m ³ /h	(26,3)	[16%]
Total air change rate:	1,02 h ⁻¹	(0,17)	

Infiltration				Exfiltration				Total		
Zone	[m ³ /h]	SD	SD%	[m ³ /h]	SD	SD%		[m ³ /h]	SD	SD%
1	160,9	26,3	[16]	160,9	26,3	[16]		160,9	26,3	[16]
2										
3										

Interzone				Interzone			
Zone	[m ³ /h]	SD	SD%	Zone	[m ³ /h]	SD	SD%
1 → 2				2 → 1			
2 → 3				3 → 2			
1 → 3				3 → 1			

Analysis

Zone		Average Zone Concentration [pI/l]	
		PMCP	SD%
1	Hele lejligheden	53,5	[8]
2	Not defined		
3	Not defined		

Zone		Zone and emitter data				
		Volume [m ³]	Type	Number	Ref. rate [nl/h]	Temp. [°C]
1	Hele lejligheden	157,0	PMCP	3	9009	24,0
2	Not defined					
3	Not defined					

Rackfactor(s):	PMCP: 1,000	Uncertainty GC:	10 %	Uncertainty concentration matrix:	0,13
		Uncertainty mixing:	5 %	Uncertainty air flow matrix:	0,16
		Uncertainty samplers:	2 %	Condition number of conc. matrix:	1,00
		Uncertainty emitters:	10 %		

Samplers

		Measured Volume [pI]				Excluded samplers			
		Zone 1		Zone 2		Zone 3			
		Sampler PMCP		Sampler		Sampler		Sampler	PMCP PMCH PDCH
1		4299	87,7					4281	0,0 0,0 0,0
2		4087	75,0						
3		4159	76,2						
4		4269	74,8						

PFT-measurement

Building	: Lejlighed 6-SV	Date:	02.12.2008
Project	: 731-007	Enclosure:	2
Measurement Start:	05.01.06 at 12:00	Duration: 165,7 hours	Analysis: 19.01.2006
Measurement End	: 12.01.06 at 09:40		

Results

Total infiltration rate:	197,1 m ³ /h	(29,8)	[15%]
Total air change rate:	0,90 h ⁻¹	(0,14)	

Infiltration				Exfiltration			Total		
Zone	[m ³ /h]	SD	SD%	[m ³ /h]	SD	SD%	[m ³ /h]	SD	SD%
1	197,1	29,8	[15]	197,1	29,8	[15]	197,1	29,8	[15]
2									
3									

Interzone				Interzone			
Zone	[m ³ /h]	SD	SD%	Zone	[m ³ /h]	SD	SD%
1 → 2				2 → 1			
2 → 3				3 → 2			
1 → 3				3 → 1			

Analysis

Zone			Average Zone Concentration [pl/l]	
			PMCP	SD%
1	Hele lejligheden		72,8	[4]
2	Not defined			
3	Not defined			

Zone and emitter data						
Zone	Volume [m ³]	Type	Number	Ref. rate [nl/h]	Temp. [°C]	Est. rate [nl/h]
1	218,0	PMCP	5	15015	24,0	14352
2						
3						

Rackfactor(s):	PMCP: 1,000	Uncertainty GC:	10 %	Uncertainty concentration matrix:	0,11
		Uncertainty mixing:	5 %	Uncertainty air flow matrix:	0,15
		Uncertainty samplers:	2 %	Condition number of conc. matrix:	1,00
		Uncertainty emitters:	10 %		

Samplers

Measured Volume [pl]							
Zone 1		Zone 2		Zone 3		Excluded samplers	
Sampler	PMCP	Sampler		Sampler		Sampler	PMCP PMCH PDCH
1	3988 110,3					2816	52,4 4,6 4,8
2	4309 103,5						
3	4098 103,9						
4	4189 112,6						

Etageboligbebyggelsen på Bogholder Allé 28-32 i Vanløse er karakteristisk ved, at der er anvendt et særligt facadesystem bestående af rumhøje, oplukkelige glaspartier. Glaspartierne kan åbnes i stuens fulde højde og i stuens fulde bredde. I seks af bebyggelsens i alt 24 lejligheder er der foretaget en række målinger til vurdering af energiforbrug og indeklimaforhold. Desuden er der til støtte for vurdering af målingerne gennemført strukturerede samtaler med beboerne, hvor fokus har været på deres vurdering af temperatur-, ventilations- og dagslysforhold i lejligheden

1. udgave, 2009
ISBN 978-87-563-1365-0